

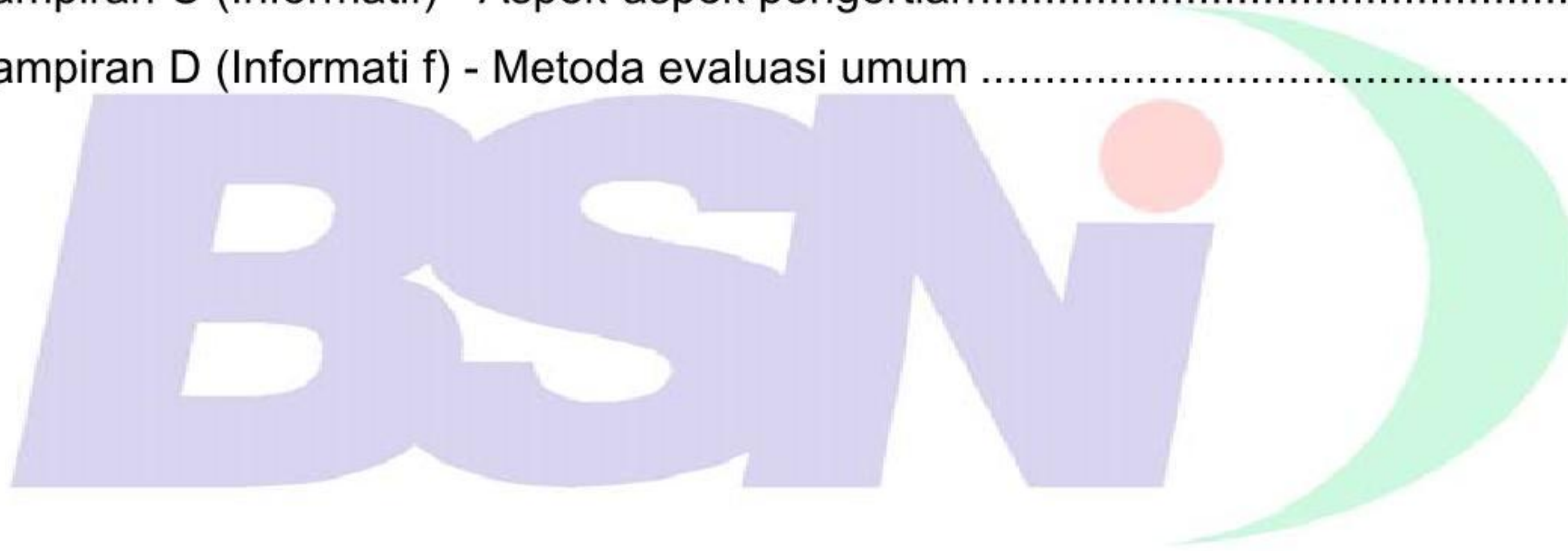
**Pembangkit listrik tenaga nuklir -  
Ruang kendali utama -  
Verifikasi dan perlakuan desain**





## Daftar Isi

Daftar Isi .....	i
Pendahuluan.....	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan.....	1
3 Definisi .....	2
4 Verifikasi dan pemberlakuan dari desain ruang kendali barn .....	3
5 Verifikasi dan pemberlakuan dari pengembangan desain dan backfits.....	29
Lampiran A (normatif) - Contoh pendekatan untuk evaluasi unjuk kerja fungsi .....	35
Lampiran B (informatif) - Bantuan evaluasi .....	37
Lampiran C (Informatif) - Aspek-aspek pengertian.....	39
Lampiran D (Informatif) - Metoda evaluasi umum .....	44





## **Pendahuluan**

Standar Nasional Indonesia mengenai Instalasi Nuklir: "Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir - Ruang Kendali Utama - Verifikasi dan Pembaerlakuan Desain", diadopsi dari International Electrotechnical Commission (IEC) Publikasi 1771 (1995-12) dengan judul "Nuclear Power Plants - Main Control Room - Verification and Validation of Design", yang dirumuskan oleh Panitia Teknik Nuklir dan Peralatan Laser (PTNL) masa kerja 1998/1999.

Keanggotaan Panitia Teknik tersebut ditetapkan dengan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor: 38-12/40/600.3/1996 tanggal 31 mei 1996, sebagai:

Ketua Harlan : Ir. Arianto Iskandar  
Wakil Ketua : Ir. Putra Dwihandoko  
Sekertaris I : Ir. Hotman Sitompul  
Sekertaris II : Ir. Edwaren Liun

Ketika dalam taraf Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) ini telah melalui prosesprosedur perumusan standar dan terakhir dibahas dalam Forum Konsensus XIII pads tanggal 18 sampai dengan 24 Februari 1999 untuk mencapai mufakat.

Selanjutnya diajukan kepada Badan Standardisasi Nasional pads tahun 1998 dan mendapat nomor SNI 04-

Dalam rangka mempertahankan mutu dan ketersediaan standar yang tetap mengikuti perkembangan, maka diharapkan masyarakat standardisasi ketenagalistrikan memberikan saran dan usul perbaikan demi kesempurnaan rancangan ini dan tak kalah pentingnya untuk revisi standar ini dikemudian hari.

Semoga SNI ini bermanfaat bagi kita terutama dalam menunjang pembangunan Nasional untuk mensejahterakan masyarakat.

**DIREKTUR JENDERAL LISTRIK DAN PENGEMBANGAN ENERGI**



# Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir - Ruang Kendali Utama - Verifikasi dan Perlakuan Desain

## 1 Ruang lingkup

Standar internasional ini merientukan prosedur verifikasi dan pemberlakuan untuk desain sistem ruang kendali dari PLTN dan memberikan kriteria verifikasi dan pemberlakuan untuk menetapkan fungsi dan pengintegrasian sistem ruang kendali.

Standar ini menjelaskan bagaimana untuk membahas dan mengevaluasi area kerja ruang kendali, instrumentasi, pengendalian, dan peralatan lain dari segi rekayasa faktor manusia yang memperhitungkan permintaan sistem dan kemampuan operator. Sebagai tambahan, modifikasi desain ruang kendali yang memberi koreksi terhadap butir-butir yang tidak cukup atau tidak cocok, harus diidentifikasi, dikaji, dan diimplementasikan.

Standar ini dimaksudkan untuk aplikasi desain baru dari ruang kendali utama suatu PLTN atau melakukan pemasangan kemudian (pembaharuan dan modifikasi desain) terhadap desain ruang kendali yang sudah ada. Dalam hal yang terakhir perlu diperhatikan untuk mengidentifikasi daerah yagn terpengaruh. Standar ini hares diaplikasikan terhadap daerah-daerah yang demikian dan pengintegrasiannya kedalam seluruh ruang kendali, dengan memperhitungkan persyaratan yang diberikan pada ayat 4 dan menurut persyaratan ayat 5.

Standar ini dapat juga diaplikasikan terhadap desain daerah pengendalian lainnya pada PLTN. Untuk verifikasi perlakuan dari sautu sistem antarmuka manusia dan mesin yang terintergrasi, dianjurkan agar antarmuka lainnya misalnya perangkat pemadaman jarak jauh (remote shut-down station) dan panel setempat yang terkait dengan keselamatanai harus dinyatakan sekaligus dengan ruang kendali utama.

## 2 Acuan

Acuan yang dipakai dalam standar ini adalah sebagai berikut:

- IEC 17713: 1995, Nuclear power plants - Main control room - Verification and validation of design.
- IEC 73: 1991, Coding of indicating devices and actuators by colours and supplementary means
- IEC 447: 1991, Man-machine interface (MMI) - Actuating principles
- IEC 964: 1989, Desaign for control-rooms of nuclear power plants
- IEC 1226: 1993, Nuclear power plants - Instrumentation and control systems important



for safety - Classification.

- IEC 1227: 1993, Nuclear power plants - Control-rooms-Operator controls IEC 1772: 1995, Nuclear power plants - Main control room-Application of Visual Display Unit (VDU)
- IAEA Safety guide S0-SG-D3: 1980, Protection systems and related features in nuclear power plants

### **3 Definisi**

Untuk maksud daripada standar ini istilah dan singkatan yang digunakan dalam IEC 1964 berlaku kecuali sebagai berikut:

#### **3.1 Desain saat ini**

Keadaan dimana desain dan konstruksi daripada PLTN baru ini telah dimulai.

Standar ini diaplikasikan dengan mempertimbangkan pengecualian yang telah dibuat sesuai dengan keadaan kemajuan atau batasan lain.

#### **3.2 Desain baru**

Desain dan konstruksi suatu pembangkit sama sekali baru. Standar ini diaplikasikan secara penuh.

#### **3.3 Modifikasi desain**

Semua modifikasi yang beraneka dari perubahan suatu instrumen melalui perubahan bertahap, untuk pembuatan tiruan bilamana mungkin pada suatu pembangkit yang ada.

Standar ini diaplikasikan dengan cara sesuai terhadap modifikasi desain yang dipertimbangkan.

Dalam hal peniruan, suatu bahasan dilaksanakan untuk mengenal perbaikan-perbaikan yang berarti dan untuk memberikan perbedaan yang utama.

#### **3.4 Pembaharuan desain**

Suatu desain dari ruang kendali yang sama sekali baru atau kuwasan kendali dari suatu pembangkit yang sudah ada.

Standar ini diisyaratkan secara penuh.



### 3.5 Tim evaluasi

Suatu tim berbagai disiplin yang bertugas terhadap proses pembahasan evaluasi.

### 3.6 Penunjukan fungsi

Distribusi fungsi diantara manusia dan bagian otomatis dari sistem.

### 3.7 Kekurangan perekayasa manusia

Penyimpangan dari beberapa kriteria seperti standar, konversi, praktek rekayasa manusia, pilihan suatu operator (kebutuhan), atau instrumen (perlengkapan) yang secara implisit atau eksplisit merupakan karakteristik yang diperlukan untuk tugas seorang operator.

### 3.8 Kesalahan manusia (dari operator)

Pengabaian suatu tugas, atau unjuk kerja yang tidak baik, tidak lengkap atau diluar toleransi dari tugas manusia dimana kriteria unjuk kerja disyaratkan, yang bukan disebabkan oleh kekurangan informasi dan kemampuan pengendalian.

### 3.9 Proses kaji ulang

Proses verifikasi mengenai bagaimana fasilitas ruang kendali (informasi, pengendalian dan sebagainya) memungkinkan operator menjalankan tugasnya dalam mencapai tujuan fungsi mereka.

### 3.10 Beban kerja operator

Permintaan tugas dan terhadap diri operator dalam kurun waktu tertentu. Tindakan yang dibutuhkan dapat berupa tindakan fisik, tindakan pengenalan, kemampuan penginderaan, berbicara dalam kemampuan berbicara secara kongkrit dengan isyarat atau kombinasinya.

## 4 Verifikasi dan pemberlakuan dari desain ruang kendali baru

### 4.1 Proses desain keseluruhan

Seperti dijelaskan dalam IEC 964, desain dari ruang kendali PLTN terdiri atas 2 fase utama, desain fungsional dan desain detail:

- Desain fungsional (ayat 3 dari IEC 964) mendefinisikan fungsi-fungsi yang ditunjuk untuk manusia atau mesin. Ini adalah suatu proses multi langkah. Empat langkah utama adalah analisis fungsi (untuk mendefinisikan semua fungsi yang dibutuhkan



untuk mengoperasikan PLTN), penunjukan fungsi kepada manusia atau mesin verifikasi dan kemudian pemberlakuan dari penunjukan fungsi.

Dalam pengembangan ruang kendali baru, analisis harus dilakukan sebagai upaya untuk optimasi penunjukan fungsi dan tugas yang mengimplementasikan fungsi.

- Desain detail (ayat 4 IEC 964) yang mendefinisikan tata letak, persyaratan lingkungan dan fungsional dari ruang kendali. Ini adalah proses multi langkah yang mendefinisikan persyaratan fungsional untuk prosedur training pelatihan staf dan dokumentasi desain ruang kendali. Hal ini disimpulkan dengan verifikasi dan akhirnya pemberlakuan daripada sistem ruang kendali yang terintegrasi.

#### **4.2 Kegiatan verifikasi dan pemberlakuan**

Sebagai basil dari setiap dari dua fase dari desain keseluruhan diperiksa oleh kegiatan verifikasi dan pemberlakuan. Maksud daripada kegiatan ini. Untuk mengkaji kecukupan dari antarmuka antara operator dan proses PLTN yang dapat ditemukan dalam ruang kendali.

Tim verifikasi dan pemberlakuan tidak bertanggung jawab mendesain kembali ruang kendali.

Dalam konteks ini verifikasi dan pemberlakuan diartikan sebagai berikut (IEC 964):

- verifikasi didefinisikan sebagai proses untuk menentukan apakah setiap komponen memenuhi persyaratan. Dalam konteks ini memerlukan pemeriksaan analistik secara berseri terhadap instrumehitasi pengendalian, penayangan dan perlengkapan lain terhadap kriteria teknis tertentu dan rekayasa faktor manusia dan tujuan pengoperasian dan fungsional.

pemberlakuan, yang harus dijalankan setelah menyelesaikan verifikasi umumnya didefinisikan sebagai uji dan penilaian untuk menentukan bahwa saut pemecahan masalah sesuai dengan persyaratan fungsional, unjuk kerja dan antarmuka. Secara lebih spesifik hal ini adalah proses menentukan apakah desain fisik dan organisasi untuk pengoperasian adalah cukup untuk unjuk kerja fungsi yang berintegrasi secara efektif dari staf pengoperasian ruang kendali.

Langkah verifikasi dan pemberlakuan daripada desain fungsional mengkaji fungsi dan hubungan personil dan perlengkapan otomatis dalam mengendalikan proses PLTN dan memeriksa penempatan tanggung jawab tugas Bari operator ruang kendali. Antarmuka ruang kendali yang dapat ditemukan dalam desain ruang kendali, dikaji oleh verifikasi dan pemberlakuan dalam hal sejauh mana mereka mendukung fungsi dan tugas operator.

Langkah verifikasi dan pemberlakuan dari desain detail menjamin bahwa persyaratan



fungsional, diverifikasi dan diberlakukan dalam proses desain ruang kendali fungsional, telah digunakan sebagai masukan dalam upaya desain, yang menghasilkan spesifikasi rinci untuk pembuatan dan kontruksi ruang kendali yang diinginkan. .

Salah satu tujuan dari verifikasi dan pemberlakuan adalah untuk memeriksa spesifikasi detail sebelum prose; pembuatan dimulai, bahkan jika diperlukan untuk melakukan pemeriksaan pada instalasinya ditempat, terdapat suatu potensi risiko kelambatan proyek tersebut.

Perlu dicatat bahwa kegiatan verifikasi dan pemberlakuan dapat dijalan pada berbagai tahap desain ruang kendali. Khususnya untuk desain barn, dapat terlihat sebagai suatu proses iteratif, mulai pada tahap tingkat dini dan terulang secara periodik. Hal ini memungkinkan perubahan desain sebagai hasil dari perubahan yang diintegrasikan lebih dini dalam sistem. Hal ini berakibat pada perbaikan yang sangat berarti dari proses desain keseluruhan.

Verifikasi dan pemberlakuan ruang kendali adalah suatu upaya yang besara: termasuk masalah perizinan PLTN. Setiap upaya harus dibuat untuk menjamin agar pembahasan memenuhi tujuan dan panduan, bahwa basil pembahasan dapat digunakan dan dokumentasi dan pelaporan pembahasan memberikan jaminan yang perlu bahwa rekayasa faktor manusia telah dipertimbangkan dengan baik dan diterapkan dalam proses pembahasan desain ruang kendali.

Setiap langkah dari proses verifikasi dan pemberlakuan harus mencakup kegiatan sebagai berikut: <sup>1)</sup>

- Persiapan, yang termasuk tindakan yang perlu berikut ini:
- pengembangan kriteria evaluasi (untuk menyiapkan evaluasi dan resolusi),
- definisi metodologi, verifikasi dan pemberlakuan,
- identifikasi dokumen sumber harus dikonfirmasi bahwa dokumenntasi
- PLTN yang berdampak langsung pada desain ruang kendali telah mengikuti
- proses verifikasi dan pemberlakuan,

organisasi dari tim evaluasi untuk verifikasi,

- definisikan perlengkapan dan ruang kerja untuk tim evaluasi,
- penentuan jadwal pembahasan.
- Evaluasi
- Resolusi

Kehati-hatian harus diambil terutama pada persiapannya agar menjamin basil pembahasan yang baik. Persiapan harus memperhitungkan kebutuhan data dan informasi faktor manusia ruang kendali sehingga suatu database dapat dikembangkan untuk menentukan kebutuhan umum.



**CATATAN**

<sup>i></sup> Teks dalam kotak tersebut menunjukkan persyaratan ini.

Standar yang diorganisasikan untuk memperlakukan tiap langkah verifikasi dan pemberlakuan dan kegiatan dalam suatu sub-ayat terpisah. Untuk tiap langkah dan kegiatan, setelah penunjukan persyaratan dasar, prosedur metode dan rincian diusulkan cara yang memungkinkan untuk penyelesaian bagian tersebut dari tinjauan ulang. Meskipun, bila persyaratan dasar dipenuhi, pendekatan khusus yang digunakan, hal itu harus didokumentasikan secara jelas.

Proses dan evaluasi umum kriteria dan pemberlakuan yang ditentukan untuk antarmuka manusia-mesin dan lingkungan. Untuk memilih sistem ruang-kontrol, yaitu struktur staf ruang-kontrol, prosedur pengoperasian dan program latihan, proses evaluasi dan kriteria harus dikembangkan secara terpisah menggunakan standar nasional yang sesuai dan tersedianya secara internasional suatu pedoman yang disepakati (lihat ayat 2).

#### **4.3 Verifikasi penempatan fungsi**

Kelengkapan dari fungsi ruang-kendali yang ditetapkan terhadap manusia dan mesin harus diverifikasi.

Dasar untuk penempatan adalah unjuk kerja yang diinginkan dari operator atau mesin dalam penerapan fungsi. penempatan keputusan berdasarkan pada tindakan manusia, sedemikian sehingga kemampuan untuk menguji keputusan dimana kejadian tidak dapat secara lengkap ditentukan dan tindakan-tindakan yang mana suatu keunggulan mesin sedemikian sehingga melakukan banyak tugas secara serentak. Kriteria dasar untuk penempatan fungsi pada manusia atau mesin sedemikian sehingga beban, ketelitian, margin waktu, kompleksitas dari tindakan logika, jenis dan kompleksitas dari pembuatan keputusan disajikan dalam IEC 964, tabel A.3.

Penempatan fungsi dapat berupa:

- manusia atau mesin;
- kendali manual jarak jauh atau kendali manual lokal;
- sistem penunjang operator.

Suatu kombinasi diatas dapat juga dipertimbangkan untuk melaksanakan suatu fungsi tertentu.

Pembuktian harus disajikan bahwa suatu penempatan fungsi yang diusulkan mengambil keuntungan kemampuan manusia dan mesin secara maksimum tanpa memaksakan persyaratan yang tidak diinginkan terhadap yang lainnya.



#### 4.3.1 Pengembangan kriteria evaluasi

Sebelum mencoba untuk memverifikasi penempatan fungsi yang diusulkan, kriteria yang terinci digunakan untuk penempatan harus konsisten.

Tujuan verifikasi adalah untuk menegaskan bahwa :

- Semua fungsi perlu untuk pencapaian dari tujuan operasional dan keselamatan diidentifikasi.

##### CATATAN

Suatu pendekatan naik-turun, dimulai dengan suatu tinjauan ulang dari tujuan fungsional, menunjang sistem, subsistem, dan fungsinya, adalah perlu untuk menjamin bahwa semua operator fungsi dan tugas dipertimbangkan. Bila analisis naik-turun adalah lengkap, hal itu memungkinkan untuk menemukan kembali sepanjang rangkaiannya untuk menilai pengaruh kesalahan unjuk kerja desain potensial yang terkait pada keselamatan sistem.

Penempatan fungsi yang diusulkan adalah sesuai dengan penetapan kriteria untuk penempatan tersebut (misalnya pengoperasian otomatis jika waktu intervensi yang disyaratkan kurang dari beberapa menit).

Semua persyaratan yang relevan untuk menetapkan fungsi yang diidentifikasi. Persyaratan ini harus mencakup :

- setiap penempatan peraturan wajib berlaku;
- aspek unjuk kerja (misalnya ketelitian waktu respon); prinsip keselamatan;
- persyaratan tersedianya dan keandalan;
- prinsip pemeliharaan (mampu rawat);
- praktek utilitas untuk penjadwalan petugas;
- feedback dari pengalaman dari berbagai desain;
- prinsip tayangan dan antarmuka operator;
- persyaratan yang berasal dari standar lainnya, pedoman peraturan (lihat ayat 2).

Persyaratan dan dasar-dasar dari tiap-tiap tersebut harus didokumentasikan untuk tiap fungsi.

- konfigurasi bengkel cukup untuk menunjang pelaksanaan tugas personen ruang-kontrol.

Verifikasi meliputi dengan membandingkan desain dalam istilah instrumentasi, tayangan, kontrol dan perlengkapan lainnya terhadap persyaratan yang berasal dari analisis fungsi.



Tujuan untuk menetapkan perlunya kehadiran bengkel dari item tersebut.

persyaratan dari tujuan fungsional tingkat yang lebih tinggi tergabung pada suatu tingkat fungsional yang lebih rendah tanpa pertentangan pada semua mode operasional.

#### **4.3.2 Identifikasi dokumen sumber**

Semua dokumen terapan harus tersedia untuk konsultasi oleh tim evaluasi sebelum mulai verifikasi penunjukan fungsi (IEC 964, gambar 2)

Dokumen-dokumen ini mencakup berikut:

- dokumen normatif;
- informasi mengenai prinsip-prinsip penunjukan mesin-manusia (laporan atau dokumen mengenai hasil penunjukan mesin-manusia);
- umpan balik pengalaman dari desain sebelumnya (bila berlaku);
- persyaratan kontrak dan wewenang;
- laporan kejadian dari desain pendahulu (yang dapat diterapkan);
- laporan analisis kejadian dan kecelakaan dari desain sebelumnya (yang dapat diterapkan);
- analisis akibat alur kesalahan (gangguan) dan mode kegagalan (yang dapat diterapkan); mode pohon gangguan dan kegagalan dan pengaruh analisis (bila berlaku);
- laporan analisis keselamatan;
- deskripsi (uraian) sistem;
- spesifikasi sistem;
- dokumen analisis penugasan;
- dokumentasi penunjukan fungsi.

#### **CATATAN**

Untuk modifikasi dari desain yang ada, suatu sub-bagian yang sesuai dari daftar tersebut diatas harus digunakan.

#### **4.3.3 Organisasi tim evaluasi untuk verifikasi**

Verifikasi harus dilaksanakan oleh personel independen terhadap desain yang terlibat dalam penunjukan fungsi awal. (suatu contoh daripada suatu tim independen dapat terdiri atas ahli-ahli dengan suatu tim yang independen dari departemen desain, misalnya departemen commissioning).

Tim harus melaksanakan pembahasan terutama berdasarkan dokumentasi sumber. Namun,



hal ini tidak perlu untuk meniadakan komunikasi dengan desainer daripada ruang kendali dan sistem pembangkit. Hal tersebut harus tersedia untuk maksud dan penjelasan.

Jumlah manusia yang diperlukan untuk melaksanakan evaluasi desain ruang-kontrol tidak dapat didefinisikan secara tepat. Kedua ukuran tim dan tim dapat diharapkan untuk bervariasi sesuai dengan jenis pembangkit, macam ruang-kendali dan status ruang kendali atau pembangkit. Pada umumnya, tim teknis yang pada dasarnya untuk verifikasi penunjukan fungsi harus mencakup daerah bidang keahlian berikut :

perekayasa arsitektur nuklir dan non-nuklir;

- perekayasa arsitek dan sipil;
- sistem instrumentasi kendali;
- sistem informasi dan komputer;
- perekayasa faktor manusia;
- pelatihan pengoperasian pembangkit kemungkinan operator dan latihan operator.

#### **4.3.4 Definisi ruang kerja dan peralatan untuk tim evaluasi**

Persyaratan ruang kerja dan peralatan bagi tim evaluasi harus dipertimbangkan selama persiapan. Ruang kantor yang memadai, gedung dan ruang pertemuan harus disediakan untuk tim evaluasi dan untuk konsultan dan spesialis tidak tetap.

#### **4.3.5 Definisi jadwal untuk pembahasan**

Suatu jadwal rincian harus dikembangkan, selama masa persiapan, untuk kegiatan tim evaluasi. Perhatian khusus harus diberikan untuk tugas-tugas berkaitan dengan keluaran tugas lain, dan terhadap perkiraan waktu yang diberikan untuk melaksanakan setiap tugas. Tugas-tugas ini harus dijadwalkan sehingga memungkinkan suatu usaha kerja tanpa gangguan oleh tim pembahas. Jadwal harus cukup dari sejak persiapan sampai pada penyelesaian laporan pembahasan desain. Tanggung jawab dan fungsi dari setiap anggota timnya harus diberikan pada waktu, dan kegiatan anggota tim harus terintegrasi kedalam proses pembahasan.

#### **4.3.6 Proses pembahasan**

Evaluasi dari kelengkapan penunjukan fungsi ruang-kontrol yang diusulkan terhadap manusia dan mesin harus sistematis dan prosesnya harus didokumentasikan dengan cara yang dapat dilacak.

#### **4.3.7 Dokumen laporan**



Hasil pembahasan harus direkam. Formulir standar sebaiknya digunakan tetapi harus diberikan fleksibilitas dan ruang untuk diskusi.

Penyimpangan dari kriteria evaluasi, ditentukan dari persyaratan fungsional dan/atau dokumen lainnya harus didokumentasikan dan dinilai sejauh kepentingannya dalam hal akibat potensial pada unjuk kerja dari sistem mesin-manusia.

#### **4.3.8 Resolusi**

Adanya penyimpangan atau kesalahan yang teridentifikasi dalam evaluasi harus dikoreksi (dengan koreksi kesalahan atau penunjukan kembali fungsi), sampai penunjukan fungsi memenuhi kriteria evaluasi.

Jika kekurangan teridentifikasi, resolusi harus dikembangkan secara hati-hati dan direkam. Jika merupakan penyimpangan besar perhatian harus diberikan untuk menjamin bahwa tidak ada efek samping yang kurang baik yang dibebankan pada konsep desain yang sebelumnya telah dinyatakan memenuhi syarat baik.

#### **4.4 Pemberlakuan dari penunjukan fungsi**

Kebenaran dari penunjukan fungsi ruang kendali yang diusulkan harus dilakukan pemberlakuan untuk menunjukkan bahwa sistem mencapai semua tujuan fungsi. Khususnya unjuk kerja urutan fungsi pada pengoperasian normal (termasuk keadaan pemadaman) dan beberapa kejadian termasuk kejadian berdasarkan desain dan kejadian tidak berdasarkan desain harus dikaji.

Pemberlakuan harus juga menunjukkan bahwa, jika dibutuhkan, dalam keadaan kehilangan daripada fungsi otomatis tertentu, manual pendukung tersedia.

Struktur hirarki berorientasi tujuan dikembangkan dalam analisis fungsi pada dasarnya adalah database yang statis. Perancang mengetahui bagaimana setiap fungsi dapat atau tidak dapat dilakukan dengan mengacu pada tindakan kerja yang didefinisikan. Namun tidak selalu nyata bagaimana serangkaian fungsi dibutuhkan untuk menyelesaikan secara dinamis setelah suatu kejadian tertentu bilamana suatu kejadian terjadi, beberapa cepatnya pengaruh yang merambat sepanjang hirarkhi dan bagaimana fungsi lebih tinggi dapat terpengaruh tergantung daripada macam kejadian skalanya. Maksud utama pemberlakuan adalah untuk menganalisis karakteristik tergantung waktu daripada hirarkhi dan untuk menjamin kecukupan fungsi.

##### **4.4.1 Pengembangan kriteria evaluasi**

Kriteria pemberlakuan secara umum yang harus dipenuhi adalah :



- jumlah tujuan fungsi dan tingkat beban kerja yang diperlukan untuk staf ruang kendali tidak boleh melebihi kemampuannya;

penunjukan fungsi dari staf ruang kendali dan operator setempat dapat diterima. Khususnya tidak boleh mengisyaratkan mereka untuk melakukan kerjasama, tugas yang berkait secara bersama untuk pencapaian suatu fungsi yang kritis waktu atau penting untuk keselamatan atau untuk ketersediaan pembangkit.

Pemberlakuan akan dilakukan berdasarkan dokumentasi sumber dan bila mungkin pasangan yang terpisah, dengan bantuan uji percobaan yang dilaksanakan dengan operator (lihat lampiran A untuk deskripsi pendekatan yang mungkin digunakan untuk evaluasi dan kuantifikasi unjuk kerja fungsi dan beban kerja operator.

Kriteria seleksi harus dikembangkan untuk menjamin bahwa kejadian yang dipilih untuk pengujian cukup representatif. Sebagai tambahan pada keadaan normal semua, kejadian dan keadaan darurat, kejadian yang disebabkan kombinasi kegagalan ganda yang representatif yang mengarah kepada beban kerja maksimum operator, harus dipertimbangkan untuk pengkajian fungsi yang ditugaskan kepada manusia.

Setelah selesainya seleksi kejadian ini, fungsi yang dibutuhkan untuk setiap kejadian harus diidentifikasi dan disintesiskan dalam suatu urutan waktu.

#### 4.4.2 Identifikasi dokumen sumber

Dokumen yang harus disediakan untuk konsultasi oleh tim evaluasi sebelum pemberlakuan tugas fungsi ditunjukkan dalam 4.3.2 tambahan pada keadaan normal semua, kejadian dan keadaan darurat, kejadian yang disebabkan kombinasi kegagalan ganda yang representatif yang mengarah kepada beban kerja maksimum operator, harus dipertimbangkan untuk pengkajian fungsi yang ditugaskan kepada manusia.

Beberapa dokumen kemungkinan telah dimutakhirkan sebagai konsekuensi terhadap resolusi yang diambil pada akhir langkah verifikasi sebelumnya, dan perhatian perlu diambil untuk menggunakan untuk data yang paling mutakhir.

Dokumen lainnya harus termasuk:

- rencana tata letak lantai kendali;
- tata letak awal ruang kendali (bilamana tersedia);
- serupa atau sama jenis dari populasi.

#### 4.4.3 Organisasi tim evaluasi pemberlakuan



Persyaratan ditunjukkan dalam 4.3.3 diberlakukan

#### **4.4.4 Definisi ruang kerja dan perlengkapan tim evaluasi**

Persyaratan yang ditunjukkan dalam 4.3.4 diberlakukan.

Sebagai tambahan fasilitas yang dibutuhkan untuk langkah ini dapat termasuk simulator keseluruhan atau tugas bagian.

#### **4.4.5 Definisi jadwal untuk pembahasan**

Persyaratan ditunjukkan dalam 4.3.5 diberlakukan.

#### **4.4.6 Proses pembahasan**

Pengkajian daripada tugas fungsi mencakup mengenai pertimbangan dari pada rentetan kejadian dinamis yang cukup presentatif. Keadaannya harus sistematis dan proses harus didokumentasikan dengan cara yang dapat dilacak.

#### **4.4.7 Dokumen laporan**

Persyaratan ditunjukkan dalam 4.3.7 diberlakukan.

#### **4.4.8 Resolusi**

Persyaratan yang ditunjukkan dalam 4.3.8 diberlakukan.

Tindakan koreksi dapat diidentifikasi sebagai satu atau lebih istilah berikut ini:

- seleksi alternatif desain;
- penyempurnaan persyaratan fungsional;
- penyempurnaan kriteria desain;
- pembahasan dampak perubahan pada tugas fungsi sebelumnya.

### **4.5 Verifikasi sistem ruang kendali yang terintegrasi**

Verifikasi dari ruang kendali harus dilakukan dengan mengevaluasi persyaratan desain yang diusulkan terhadap persyaratan fungsi yang dapat diterapkan, persyaratan dan kriteria desain.



Pada tingkat pengembangan ini :

- pada suatu sisi ruang kendali berada sebagai suatu konsep dan dijelaskan oleh seperangkat persyaratan fungsional (disediakan pada langkah pertama), termasuk: konfigurasi antarmuka mesin-manusia keseluruhan;
- konsep presentasi prosedur pengoperasian;
- peraturan proses tanda bahaya (misalnya kebijaksanaan penekanan tanda bahaya;
- penayangan prototif format;
- konsep untuk pengendalian normal;
- lingkungan.
- pada sisi lain ruang kendali dijelaskan secara detail dengan spesifikasi desain:
- seperangkat fungsional seperti tata letak ruang kendali dan tata letak panel;
- diagram fungsional yang mendefinisikan pengoperasian sistem dan proses tanda bahaya;
- konsep daripada format yang ditayangkan;
- konsep daripada pengoperasian;
- konsep daripada program pelatihan.

Dalam proses verifikasi spesifikasi desain yang disebut di atas dievaluasi terhadap persyaratannya.

#### 4.5.1 Pengembangan kriteria evaluasi

Kriteria yang dikembangkan akan mencakup kedua aspek teknis maupun faktor manusia. Khususnya verifikasi daripada sistem ruang kendali terintegrasi harus memeriksa kriteria evaluasi berikut ini:

spesifikasi fungsional daripada antar muka mesin manusia memenuhi kriteria desain demikian juga yang berkaitan dengan peraturan standar dan petunjuk, dan diintegrasikan secara benar kedalam pengendalian, penayangan dan gawai ruang kendali serta desain komponen lainnya;

- pelatihan memungkinkan operator untuk memperoleh pengertian yang benar mengenai fungsi antarmuka mesin-manusia dan prosedur pengoperasian; program pelatihan mengintegrasikan secara benar prosedur pengoperasian.

Verifikasi yang berkaitan dengan kriteria pertama diatas pada dasarnya dilaksanakan untuk menunjukkan bahwa inventarisasi daripada instrumen dan peralatan yang disyaratkan adalah konsisten dengan persyaratan yang diberikan dalam spesifikasi sistem, pembahasan sistem dan analisis tugas oleh:

Inventarisasi detail dari instrumentasi dan peralatan ruang kendali. Hal ini untuk pembutiran dan menjelaskan komponen ruang kendali yang ada untuk perbandingan dengan



instrumentasi, pengendali, perlengkapan dan persyaratan bahan. Inventarisasi ini juga digunakan untuk menetapkan adanya stasiun kerja dari butir-butir yang diperlukan (atau tidak berhubungan).

CONTOH dari kriteria yang lebih detail di daerah ini adalah:

Kegagalan instrumen dan penayangan harus mudah dikenal sebagai keadaan gagal.

- Instrumen yang berbeda yang menunjukkan parameter yang sama harus menayangkan nilai yang konsisten;
- Kendali harus diletakkan sedemikian rupa agar penunjukan yang terkait dapat digunakan untuk memberikan umpan balik (lihat IEC 1227).
  - Inventarisasi alat tanda bahaya termasuk ringkasan dari proses tanda bahaya (misal: pengkondisian dan penekanan tanda bahaya).
- Inventarisasi format penayangan dan prosedur untuk memeriksa agar sesuai dengan tugas operator dan direpresentasikan sebagai keseluruhan yang konsisten.
- Inventarisasi tata letak ruang kendali dan stasiun kerja untuk memeriksa agar akses terhadap kondisi stasiun kerja (atau panel kendali) dan penayangan tidak terhalang.
- Survei dapat diterimanya perekrutan manusia terhadap komponen dan kondisi ruang kendali seperti penerangan dan lingkungan suara (lihat A.4.1.3 IEC 964). Hal ini dimaksudkan untuk menentukan apakah komponen atau lingkungan didesain untuk mengakomodasi karakteristik manusia dasar seperti reaksi persepsi kemampuan gerak.
  - Verifikasi dari kecukupan pengendalian yang diberikan untuk suhu udara, kelembaban, ventilasi dan penerangan.

#### **4.5.2 Identifikasi dokumen sumber**

Semua dokumen yang dapat berlaku harus disediakan untuk konsultasi oleh tim evaluasi utama terutama untuk memulai verifikasi dari sistem ruangkendali terpadu (IEC 964, gambar 2).

Dokumen ini mencakup:

- pengkajian pendahuluan ruang-kendali (jika tersedia);
- laporan bahasan desain ruang-kendali generik (bila ada);
- tata letak panel atau workstation;
- panel atau draf format atau fotograf;
- daftar akronim dan singkatan yang digunakan pada ruang-kendali;
- uraian aturan yang digunakan oleh ruang-kendali dan panduan gaya antar muka manusia-mesin;



- spesifikasi proses-komputer (pemrosesan alarm, prosedur perangkat lunak, tayangan); prosedur (darurat dan operasi);
- bahan latihan operator;

Sebagai tambahan, studi faktor manusia ruang-kendali dan kajian awal atau temuan audit untuk ruang-kendali dari pembangkit lain berguna dalam mengklarifikasi faktor yang berkaitan dengan manusia, tujuan rekayasa manusia dan membahas persyaratan tugas.

#### CATATAN

Untuk modifikasi desain yang ada, suatu perangkat yang memadai daftar diatas harus digunakan.

#### 4.5.3 Organisasi tim evaluasi untuk verifikasi

Persyaratan ayat 4.3.3 berlaku.

Anggota tim pembahas harus disesuaikan untuk menyesuaikan pemeriksaan khusus yang sesuai untuk dilaksanakan pada saat ini, misalnya:

pemeriksaan proses alarm memerlukan penasehat operasi teknik dan rekayasa sistem; pemeriksaan kriteria lingkungan memerlukan rekayasa faktor manusia.

#### 4.5.4 Definisi ruang kerja dan peralatan untuk tim evaluasi

Persyaratan ayat 4.3.4 berlaku.

Peralatan khusus yang lain dapat digunakan untuk tahapan ini (misalnya pengukur tingkat bunyi, pengukur cahaya).

#### 4.5.5 Definisi jadwal untuk bahasan

Persyaratan 4.3.5 berlaku.

#### 4.5.6 Proses bahasan

Evaluasi pada tahap ini dari desain sistem ruang-kendali adalah bahasan desain normal dan berupa bagian dari prosedur jaminan kualitas. Bahasan harus mencakup prosedur operasi dan program pelatihan.

Verifikasi sistem ruang-kendali harus sistematis dan prosesnya harus didokumentasikan dalam cara yang dapat dilacak.



#### 4.5.7 Dokumen laporan

Persyaratan ayat 4.3.7 berlaku.

#### 4.5.8 Resolusi

Tindakan koreksi dapat diidentifikasi dalam istilah dari salah satu atau lebih dari berikut:  
seleksi alternatif desain;

- perbaikan persyaratan fungsi;
- perbaikan kriteria desain;
- prosedur draft dan/atau modifikasi program pelatihan.

Jika kekurangan diidentifikasi, pemecahan harus dikembangkan secara hati-hati. Jika kekurangan tersebut banyak pemecahan, kehati-hatian harus dilakukan untuk menjamin bahwa akibat samping dari yang tidak diinginkan mempunyai suatu dampak pada konsep desain yang sebelumnya telah dipenuhi.

#### 4.6 Pemberlakuan dari ruang kendali terintegrasi

Terutama dan selama desain sistem ruang-kendali terinci, keterpaduan sistem ruang kendali keseluruhan harus diberlakukan untuk menunjukkan bahwa sistem dapat mencapai unjuk kerja yang dimaksudkan terutama perhatian khusus diberikan terhadap karakteristik dinamik tergantung waktu dari sistem terpadu dimaksud.

Tujuan pemberlakuan adalah menentukan interaksi antara komponen-komponen sistem ruang kendali adalah sedemikian sehingga sistem terpadu berperilaku dalam cara yang diinginkan oleh persyaratan untuk keselamatan dan keandalan operasi pembangkit. Lingkup pemberlakuan adalah untuk mengkaji kesesuaian desain ruang-kendali untuk mendukung interaksi berikut :

ruang kendali dan operator;

- ruang kendali dan prosedur operasi;
- ruang kendali dan program pelatihan;
- operator dan staf lain didalam dan diluar ruang kendali.

Perluasan pemberlakuan merupakan fungsi bantuan evaluasi yang tersedia untuk tim pembahas. Ada beberapa metoda dan bantuan evaluasi yang dibicarakan dalam lampiran B, yaitu :

- bahasa terinci dari desain ruang kendali dan analisa dokumen;
- keseluruhan;



- prototif dengan simulator pembangkit;
- penerapan di lapangan (dapat dipertimbangkan bahwa penerapan lapangan pertama termasuk fase desain).

Hams dicatat bahwa bagian-bagian yang berbeda dari pemberlakuan sistem ruang kendali dengan asumsi dan perluasan yang berbeda dapat dilaksanakan selama tahap desain yang berbeda untuk masing-masing bagian pemberlakuan bantuan berbeda dapat digunakan, atas bantuan sama dengan ciri yang berbeda (lihat 4.6.9 seperti di lampiran B).

Manajemen hams dilibatkan dalam proses pembahasan.

Perhatian manajemen untuk seluruh proses adalah penting. Tugas manajemen meliputi dukungan dari proses bahasan ruang-kendali dan keterpaduan pembahasan desain dengan studi dan analisis lainnya yang melibatkan faktor manusia yang berkaitan.

Contoh-contoh meliputi pengkajian cara pergeseran, organisasi kerja, pelatihan dan kualifikasi personal, dan pengembangan prosedur. Perhatian manajemen terhadap koordinasi tugas-tugas ini dalam kerangka kerja rekayasa faktor manusia disarankan.

#### **4.6.1 Pengembangan kriteria evaluasi umum**

Evaluasi harus mencapai tujuan spesifik berikut:

untuk menentukan apakah ruang-kendali menyediakan bantuan informasi status sistem, kemampuan kendali, umpan balik dan unjuk kerja yang perlu untuk operator ruang-kendali untuk melaksanakan fungsinya dan secara efektif tugas-tugas normal (mencakup keadaan pemadaman), kondisi darurat atau tidak normal;

untuk mengidentifikasi karakteristik instrumentasi ruang kendali yang ada, kendali, tayangan, perlengkapan lainnya dan susunan fisik yang dapat mengurangi unjuk kerja operator.

Kriteria evaluasi umum adalah sebagai berikut: dengan acuan pada interaksi diatas. Perlu dicatat bahwa kebanyakan antar muka yang didefinisikan untuk dievaluasi adalah. dari ruang kendali dan operator individual. Item-item utama yang berhubungan yang dipertimbangkan adalah aspek fisik dan lingkungan dri ruang-kendali dan stasiun kerja. Fisik manusia dan mentalnya, antar muka manusia-mesin dan aspek yang dikenal (unjuk kerja umum manusia).

#### **4.6.2 Kriteria evaluasi untuk ruang kendali/interaksi operator**

Urutan tersusun dari fungsi yang digolongkan terhadap staf ruang kendali dan untuk mengotomasi harus konsisten dan lengkap sccara bcrsamaaan.

Filosofi dari operasi yang dinyatakan dalam persyaratan fungsi harus diterapkan bagi semua



fungsi kendali secara konsisten, sehingga subsistem dengan karakteristik operasi yang sama dapat dioperasikan secara sama.

Tugas-tugas yang diserahkan terhadap staf ruang-kendali harus dalam batas-batas kemampuan manusia. Tugas-tugas yang memerlukan prosedur kendali dan informasi kecepatan, lambat atau rumit harus tidak boleh dikenakan pada operator.

Batas-batas yang luas misalnya kendala waktu harus dikenakan pada operator untuk memungkinkan beragam sifat alami manusia.

Unjuk kerja pengamatan operator harus dalam batas-batas yang dikenal dari kemampuan indra manusia dalam bidang penglihatan, pemeriksaan, sentuhan dan getaran, dan sebagainya.

Unjuk kerja motor harus dalam kemampuan gerak manusia yang dikenal yang mempunyai sifat, gerakan, perubahan, kekuatan fisik dan ketahanan.

Unjuk kerja mental operator harus dalam ragam kemampuannya oleh karena tingkat perubahan dari kewaspadaan dan keiclaan dalam bidang:

proses informasi;

- pengamatan;
- penyimpanan informasi (jangka pendek/jangka panjang); kapasitas volume ingatan (jangka pendek/jangka panjang).

Studi aspek penglihatan harus tidak boleh diabaikan, berkenaan dengan pengenalan komputer dan layar tayangan didalam ruang kendali.

Cara dari penampilan informasi meningkatkan atau menambah jumlah pertanyaan-pertanyaan tertentu, dengan catatan kemampuan visual dari operator (kelelahan penglihatan, kemampuan baca, efek kontrak, efek pantulan) yang sangat penting untuk dipertimbangkan dalam jenis evaluasi ini.

Unjuk kerja yang diperlukan operator harus dalam kemampuannya untuk bekerja dibawah karakteristik lingkungan yang berlawanan dengan:

- temperatur, kelembaban, tekanan abnormal;
- penerangan abnormal (kontras, tingkat, kesilauan dan sebagainya) sifat-sifat bunyi dan derau ruang kendali yang abnormal;
- racun dan radiasi.

Keberlakuan harus meliputi evaluasi perbaikan dalam unjuk kerja umum operator.



Model-model unjuk kerja manusia dapat digunakan untuk menentukan karakteristik aspek-aspek yang dikenal. Penggunaan model-model tersebut disarankan. Dalam lampiran C salah satu dari model-model pembuat keputusan tersebut dimanfaatkan untuk melukiskan beberapa perincian evaluasi yang diperlukan dalam bidang ini.

Kelas utama dari aktifitas operator misalnya penyesuaian dengan model:

- pengamatan dari perubahan-perubahan keadaan pembangkit;
- diagnosis dari perubahan dan perencanaan untuk tindak perbaikan;
- seleksi dan eksekusi tindakan kendali (dalam bentuk prosedur atau tidak).

harus dipertimbangkan dan disesuaikan dengan uji yang dilaksanakan untuk mengkaji perbaikan unjuk kerja operator.

Tugas-tugas yang ditandai untuk operator individual harus tidak dapat mengembangkan beban kerja melebihi batas-batas kemampuan yang dianjurkan dari operator normal.

Pemberlakuan termasuk evaluasi dari tata letak stasiun kerja dan lingkungannya misalnya : stasiun dar gawai yang dibicarakan harus dipasang demikian dan karakteristik lingkungan (suhu, derau, cahaya) harus tidak dapat mengganggu operator bekerja dengan maksimum fisiensi.

Semua informasi operator dibutuhkan untuk melakukan tugas-tugas yang ditandai selama keadaan operasional berbeda dan transisi dapat dilaksanakan secara mudah. kendali yang diperlukan harus disediakan, dalam hal ini kendali manual, informasi umpan balik yang cukup untuk operator menyangkut sifat sistem yang sebenarnya harus dilengkapi.

Informasi dapat diterima dengan minimum penyelidikan jika VDU dispesifikasikan.

Informasi pada variabel yang berbeda diperlukan pada waktu yang sama, jika konsisten dengan persyaratan yang beraneka ragam, penayangan secara simultan pada VDU yang sama. Sistem penyimpangan harus mempunyai penayangan dan resolusi yang cukup untuk membolehkan keadaan stabil dan bayangan yang nyata. Keyboard dan gawai operasi lain harus mendukung operasi yang andal dan mudah dari sistem informasi.

Rancangan format penayangan harus memenuhi standar yang disarankan dan mendukung operator untuk membaca dan mengerti informasi.

Evaluasi antarmuka manusia harus dilakukan, dengan bantuan verifikasi pada salah satu pihak bahwa cara presentasi informasi dan dialog dapat diterima dan sesuai dengan yang



lain seiauh mana logjka intemalnya, pemilihan dari sarana interaksi dan unjuk kerja yang berkaitan dan pada sisi lain bahwa infonnasi dan sarana aksi yang tersedia paralel pada stasiun yang cukup dan digunakan.

Berikut ini contoh dari kriteria yang spesifik:

alarm, instrumentasi atau tayangan pembangkit yang cukup untuk tanda pada operator untuk aksi yang diperlukan;

kendali dan tayangan dapat dijangkau dan tayangan yang dapat dibaca pada panel ruangan kendali bahasan;

label identifikasi pada instrumentasi dan kendali hams cukup jelas, presisi; dan lengkap untuk memperbolehkan operator untuk menempatkan panel dan kendali khusus tanpa memaksa untuk dokumentasi yang lain;

penunjukan disediakan untuk memungkinkan operator menentukan bahwa langkah yang lengkap atau kondisi nyata. Indikasi ini menyampaikan informasi yang memuaskan;

- jika isyarat utama, kendali, atau indikator tidak tersedia masih ada beberapa cara untuk melengkapi langkah yang diberikan;
- jika operator diharapkan untuk mengambil beberapa tindakan jika parameter proses mencapai nilai tertentu, instrumen untuk parameter dapat dibaca nilainya;
- semua skala instrumen dan julat yang sesuai terhadap presisi pembacaan yang disyaratkan dalam istilah skala dan revolusi waktu.

Dalam hal evaluasi ruang-kendali yang komputerisasi, aspek manajemen stasiun kerja harus diperhitungkan.

Mencakup tindakan operator untuk melakukan supaya mendapatkan akses informasi dan mclalui perintah.

Harus diperagakan bahwa sistem pendukung operator dapat menaikkan kemampuan potensial operator tanpa menimbulkan efek sisi yang dapat diduga yang dapat membawa gangguan yang selengkapnya terhadap aktifitas keputusan operator yang dilakukan, misalnya :

pemonitoran dan pemrosesan mental tingkat tinggi.

Sistem antar muka manusia-mesin hams mampu untuk memberikan informasi yang cukup yang diperlukan dari fasilitas diluar ruang-kendali.

#### **4.6.3 Kriteria evaluasi untuk ruang kendali/interaksi prosedur pengoperasian**

Prosedur pengoperasian harus sesuai dengan persyaratan untuk antar muka manusia-mesin dan tanggapan pembangkit yang diharapkan.



Prosedur pengoperasian harus meliputi semua tugas-tugas yang diantisipasi dan urutan tugas yang dilakukan dalam ruang-kendali.

Diskripsi dari prosedur harus benar, lengkap, konsisten, dan diinterpretasikan secara mudah.

Pengertian aktifitas kesadaran memerlukan penggunaan prosedur yang dapat meningkatkan masalah evaluasi. Prosedur aktifitas berikut memerlukan pertimbangan khusus dalam pengembangan pengujian (lihat lampiran C).

Kriteria evaluasi khusus sebagai berikut:

- Dapatkah tindakan yang ditetapkan dalam prosedur dilakukan dalam tahapan yang dirancang ?
- Adakah jalan akses alternatif yang tidak dimaksudkan dalam prosedur bahasan ?
- Dapatkah tindakan prosedur dilakukan dalam ruang kendali dan dalam waktu yang ditentukan ?
- Dapatkah operator menentukan informasi yang penting seperti yang disyaratkan dalam prosedur dari instrumentasi yang ditetapkan dalam ruang kendali ?
- Akankah instrumentasi dan penayangan yang ditetapkan memberikan redundansi yang cukup dan keanekaragaman untuk operator memilih prosedur yang dapat ditetapkan? Apakah perlu operator menggunakan informasi atau perlengkapan yang tidak ditetapkan secara prosedur untuk menyertai tugasnya ?
- Apakah presentasi kondisi pembangkit dalam kesesuaian ruang kendali dengan diskripsi kondisi yang sama dalam prosedur ini ?
- Dapatkah operator mendapatkan perlengkapan yang tepat dengan suatu label, singkatan simbol dan informasi lokasi yang disediakan ?
- Adakah julat instrumen yang konsisten dengan nilai instrumen yang dinyatakan dalam prosedur ?
- Akankah menggunakan prosedur penempatan beban berlebih pada memori operator ? Adakah prosedur pengoperasian darurat yang mudah untuk membedakan dari prosedur yang lain dalam ruang kendali (warna, bentuk, lokasi, organisasi dan presentasi) ? Adakah prosedur dan ruang kendali secara fisik yang sesuai ?
- Adakah ruang yang tersedia pada bagian-bagian yang berbeda dari ruang-kendali untuk menempatkan prosedur (kertas prosedur) yang mengikat memperbolehkannya untuk menempatkan ruang kerja ?
- Adakah kertas prosedur terlalu besar atau terlalu berat untuk penanganan yang cukup ?



#### **4.6.4 Kriteria evaluasi untuk ruang-kendali/interaksi program pelatihan**

Program pelatihan harus bersesuaian dengan persyaratan untuk prosedur dan antarmuka manusia-mesin.

Staf ruang-kendali harus terbiasa secara total dengan persyaratan keselamatan dan keandalan pengoperasian baik prosedur pengoperasian dan program pelatihan.

Kriteria evaluasi khusus dapat berupa:

- Dapatkah semua sistem pembangkit dan perlengkapan yang dioperasikan aman dan benar dengan instrumentasi dan kendali yang tersedia ?
- Apakah sistem pembangkit atau mungkin perlengkapan yang dioperasikan secara benar disebabkan kurang pengertian mengenai gawai ini ?
- Dapatkah suatu tindakan dilakukan dalam respons terhadap tanda bahaya ? Dapatkah informasi dari instrumentasi dan kendali salah tafsir ?
- Dapatkah kesimpulan kesalahan dijelaskan dari instrumentasi dan kendali ?
- Haruskah pelatihan diberikan untuk menggantikan kelemahan desain ruang kendali yang tidak baik atau prosedur yang jelek ?

Tingkat kualifikasi minimum dari operator dibutuhkan untuk uji pemberlakuan (skill, keahlian) harus ditetapkan untuk setiap uji.

Analisa mengenai hasil uji dapat juga menunjukkan kebutuhan untuk memodifikasi program pelatihan (interaksi umpan balik dengan program pelatihan).

#### **4.6.5 Kriteria evaluasi untuk operator/didalam dan diluar interaksi staf ruang kendali**

Topik ini memperlakukan kegiatan pengoperasian dari aspek kegunaan kolektif ruang kendali.

Kesesuaian desain ruang kendali untuk mencapai kerja tim kolektif dan persyaratan organisasi dan kebutuhan yang harus diverifikasi dengan perhatian khusus pada organisasi dan stasiun kerja.

Hubungan dengan aspek kolektif, evaluasi terdiri dari dua bagian:

organisasi kegiatan individu dari operator dalam ruang kendali (tugas-tugasnya, koordinasinya);

- ciri hubungan antara operator dan personal diluar ruang-kendali (operator pembantu, staf pemeliharaan, manajemen). Untuk aspek ini, kesesuaian sistem komunikasi antara staf ruang-kendali serta operator lokal dan personal pada pembangkit yang ditempatkan diluar fasilitas ruang-kendali adalah bagian dari verifikasi.



Untuk aspek organisasi, evaluasi harus memperhitungkan item yang berkaitan dengan kegiatan pengembangan dalam pembangkit, misalnya tim organisasi, durasi shift, rotasi tim, pelatihan dan lain-lain.

Penyimpangan yang sudah menjadi sifat dalam semua evaluasi berkenaan dengan situasi kerja yang mempunyai jarak dari kenyataan kerja sarana (mock-up, prototif) dengan aspek tertentu dari pengoperasian netral tidak dapat direkonstruksi sama sekali. kemudian evaluasi dari aspek organisasi harus dilakukan dengan studi terpisah yang saling melengkapi dengan sempurna mengenai situasi kerja nyata.

#### 4.6.6 Metodologi

Sarana evaluasi umum (lihat lampiran B) yang disediakan dan digunakan sebagai desain dikembangkan :

metoda tabel-top meliputi diskusi seksama mengenai tahapan prosedur dari skenario pengoperasian yang diusulkan;

metoda terus-berjalan (walk-throught), hal mana tindakan personal sebagai operator dilakukan pembuatan bertahap mengenai tindakan prosedural selama skenario yang diusulkan untuk tim pengamat tanpa melakukan fungsi pengendalian sesungguhnya. Syarat pendahuluan untuk metoda terus berjalan adalah mock-up, benda paling sederhana dalam ruangan dengan gambaran untaian panel kendali diatas dinding;

metoda simulator hal mana tindakan personal sebagai operator melakukan fungsi pengendalian sesungguhnya pada perlengkapan simulasi selama skenario yang diusulkan didepan tim pengamat; simulasi operator, antarmuka manusia-mesin dan pembangkit.

Pemakaian mock-up memperbolehkan pendekatan eksperimental untuk pengujian dan evaluasi fungsi tertentu. Jawaban yang diperoleh adalah berhubungan tetapi dilokalisasi; yang disebut dengan pemusatan pada fungsi yang diuji. Mereka hanya menyatakan interaksi secara parsial.

Pemakaian kopel prototif dengan simulator pembangkit lebih menginginkan metoda evaluasi tetapi membuatnya mungkin untuk menguji integrasi dinamik dari ciri fungsi aplikasi.

Evaluasi aplikasi ditempat memberikan akses pada semua interaksi, tetapi kesulitan interaksi ini memberikan hasil pengamatan pada fungsi utama. Selanjutnya, pada tahap realisasi ini, pengkajian ulang desain sebenarnya tidak mungkin (sejauh perangkat keras digunakan).

Metoda evaluasi, yang tidak berkaitan dengan saranan, didasarkan pada pemotongan prioritas kegiatan operator :



evaluasi ruang kendali dipertimbangkan dalam hal kegiatan pengoperasian keseluruhan, kegiatan kompleks ini dilakukan oleh operator dengan karakteristik yang dimilikinya (fisiologis, kesadaran dan lain-lain);  
pengamatan dan analisis dari kegiatan ini memerlukan pembagian kedalam topik evaluasi (faktor ergonomik dan kesadaran).

Evaluasi dapat juga dipusatkan disekitar karakteristik teknis hal mana perancang dapat bertindak memberikan kemungkinan secara efektif untuk mendefinisikan priori mereka.

Gambaran umum mengenai metoda evaluasi biasa, bersama dengan beberapa contoh dan diskusi mengenai keuntungan dan kerugian, diberikan pada lampiran D.

#### **4.6.7 Identifikasi dokumen sumber**

Tim evaluasi memerlukan suatu jumlah bahan acuan pokok secara tipikal hanya satu subset bahan ini yang dibutuhkan untuk memodifikasi desain ruang kendali.

Daftar dokumen ini disediakan untuk konsultasi oleh tim evaluasi yang mengutamakan untuk mengawali pemberlakuan sistem ruang kendali adalah sama seperti yang dikatakan dalam 4.5.2.

#### **4.6.8 Organisasi tim evaluasi untuk pemberlakuan**

Pembahasan harus dilaksanakan oleh personal perancang yang independen yang terlibat didalam pembangunan integrasi ruang kendali (sebagai contoh untuk sebuah tim independent metoda terus-berjalan (walk-through), hal mana tindakan personal sebagai operator dilakukan pembuatan bertahap mengenai tindakan prosedural selama skenario yang diusulkan untuk tim pengamat tanpa melakukan fungsi pengendalian sesungguhnya.

Syarat pendahuluan untuk metoda terus berjalan adalah mock-up, benda paling sederhana dalam ruangan dengan gambaran untaian panel kendali diatas dinding;  
metoda simulator hal mana tindakan personal sebagai operator melakukan fungsi pengendalian sesungguhnya pada perlengkapan simulasi selama skenario yang diusulkan didepan tim pengamat;  
simulasi operator, antarmuka manusia-mesin dan pembangkit.

Pemakaian mock-up memperbolehkan pendekatan eksperimental untuk pengujian dan evaluasi fungsi tertentu. Jawaban yang diperoleh adalah berhubungan tetapi dilokalisasi; yang disebut dengan pemuatan pada fungsi yang diuji. Mereka hanya menyatakan interaksi secara parsial.

Pemakaian kopel prototif dengan simulator pembangkit lebih menginginkan metoda evaluasi



tetapi membuatnya mungkin untuk menguji integrasi dinamik dari ciri fungsi aplikasi.

Evaluasi aplikasi ditempat memberikan akses pada semua interaksi, tetapi kesulitan interaksi ini memberikan basil pengamatan pada fungsi utama. Selanjutnya, pada tahap realisasi ini, pengkajian ulang desain sebenarnya tidak mungkin (sejauh perangkat keras digunakan).

Metoda evaluasi, yang tidak berkaitan dengan saranan, didasarkan pada pemotongan prioritas kegiatan operator :

evaluasi ruang kendali dipertimbangkan dalam hal kegiatan pengoperasian keseluruhan, kegiatan kompleks ini dilakukan oleh operator dengan karakteristik yang dimilikinya (fisiologis, kesadaran dan lain-lain);

pengamatan dan analisis dari kegiatan ini memerlukan pembagian kedalam topik evaluasi (faktor ergonomik dan kesadaran).

Evaluasi dapat juga dipusatkan disekitar karakteristik teknis hal mana perancang dapat bertindak memberikan kemungkinan secara efektif untuk mendefinisikan priori mereka.

Gambaran umum mengenai metoda evaluasi biasa, bersama dengan beberapa contoh dan diskusi mengenai keuntungan dan kerugian, diberikan pada lampiran D.

#### **4.6.7 Identifikasi dokumen sumber**

Tim evaluasi memerlukan suatu jumlah bahan acuan pokok secara tipikal hanya satu subset bahan ini yang dibutuhkan untuk memodifikasi desain ruang kendali.

Daftar dokumen ini disediakan untuk konsultasi oleh tim evaluasi yang mengutamakan untuk mengawali pemberlakuan sistem ruang kendali adalah sama seperti yang dikatakan dalam 4.5.2.

#### **4.6.8 Organisasi tim evaluasi untuk pemberlakuan**

Pembahasan harus dilaksanakan oleh personal perancang yang independen yang terlibat didalam pembangunan integrasi ruang kendali (sebagai contoh untuk sebuah tim independent dapat berupa suatu tim ahli dengan suatu tim pemimpin dari bagian desain, misalnya bagian komisioning).

Tim tersebut harus melaksanakan pembahasan secara sungguh-sungguh berdasarkan dokumen sumber dan uji spesifik.

Sebagai tambahan untuk persyaratan 4.3.3, partisipasi operator dibutuhkan untuk mencoba tugas-tugas dimaksud maupun untuk konsultasi.



Suatu kebutuhan untuk keahlian tidak disediakan oleh tim dasar dapat dipenuhi dengan membawa didalam spesialis atau konsultan sebagai contoh untuk pelaksanaan secara langsung beberapa evaluasi spesifik dari fungsi sistem dan analisis tugas operator ruang-kendali, untuk mempersiapkan/atau mengurus kuesioner operator atau interview untuk melaksanakan pengukuran lingkungan didalam ruang-kendali atau untuk mengidentifikasi dan maksud modifikasi desain yang lain untuk memperbaiki ketidaksesuaian ruang-kendali yang telah diidentifikasi oleh tim tersebut.

Pengarahan dan dukungan tim teknik akan dibutuhkan, seorang pimpinan proyek harus disertai untuk menyediakan koordinasi manajemen tim, melaksanakan dan mendukung aktifitas tim hari demi hari, mengatur dukungan konsultan atau spesialis bilamana diperlukan dan mengarahkan evaluasi, mengarahkan proses-proses evaluasi, implementasi, dan pelaporan. Pimpinan proyek juga harus bertanggung jawab untuk penjadwalan dan pengendalian semua aktifitas yang berkaitan dengan ruang kendali, meliputi penyerahan dan penglibatan operator untuk membantu tim evaluasi.

Untuk langkah ini tim pembahas harus disesuaikan kebutuhan dan modalitas dari partisipasi operator beragam sesuai dengan dukungan evaluasi yang dipilih:

untuk langkah desain paling dini mungkin yaitu selama pembahasan dokumen desain dan tahap evaluasi contoh, partisipan selain orang disebut diatas, misalnya penasehat operasi teknis. Idealnya mereka tidak boleh melaksanakan tugas secara normal sedemikian sehingga mereka tidak mengalami gangguan oleh bias yang tidak dapat dihindari oleh contoh tersebut (tidak efisien atau kekurangan, ketaatan dalam hubungannya dengan tugas nyata) dan memudahkan untuk melepaskan diri dengan mudah untuk mengevaluasi aspek yang dapat ditentukan untuk tahap ini.

dari saat alat digunakan pada syarat-syarat yang relatif sesuai terhadap situasi nyata (prototif), partisipasi operator sangat diperlukan. Bilamana operator telah bergabung dengan suatu cara yang atau lainnya dalam tahap proses desain lainnya, operator yang sama tidak boleh digunakan bilamana uji prototif telah mengambil tempat, untuk menghindari penempatan mereka dalam posisi hukum dan keadilan.

#### **4.6.9 Definisi ruang kerja dan perlengkapan untuk tim evaluasi**

Persyaratan 4.4.4 berlaku.

Fasilitas yang diperlukan untuk tahap ini dapat mencakup barang contoh dan/atau simulator. Dalam hal ini, dalam persiapan spesifikasi rinci, juga diberikan dengan memperhatikan persyaratan untuk fasilitas ini (yang berkaitan dengan desain dan untuk maksud uji yang dilaksanakan).



Persyaratan untuk fasilitas ini:

- penampilan dari bagian-bagian yang sedang diuji;
- ketaatan fisik (dari perwakilan abstrak (gambar) terhadap barang contoh dan prototif);
- ketaatan fungsional. Ini meliputi:
- kandungan informasi (misalnya penggunaan data acak, data sampel, data cuplikan, data akurat),
- dinamika (dari statik waktu nyata dinamik).

Persyaratan spesifik yang lain dapat digunakan dalam hal ini (misalnya pengukur tingkat suara, pengukur cahaya, dan perekam kaset video atau perlengkapan.fotografi).

#### 4.6.10 Definisi jadwal untuk pembahasan

Jadwal terinci untuk masing-masing item yang diperlukan untuk evaluasi dan penerapan tugas-tugas operator hams dikembangkan selama persiapan. Perhatian khusus hams diberikan terhadap ketergantungan tugas pada keluaran atau tugas-tugas lain dan untuk memperkirakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan macam-macam tugas.

Tugas-tugas ini harus dijadwalkan untuk memungkinkan suatu pekerjaan tidak terganggu oleh tim pembahas. Bilamana data bahasan desain ruang kendali generik tersedia, pemanfaatannya harus dipertimbangkan selama persiapan, dan jadwal pembahasan diatur agar sesuai dengan input ini. Jadwal hams memperhitungkan semua kegiatan yang berkaitan dengan faktor manusia yang lainnya (misalnya bahasan prosedur), meliputi hubungan keluaran masukan yang perlu diantara aktifitas-aktifitas ini.

Untuk modifikasi ruang-kendali yang sudah ada, kegiatan tim pembahas didalam ruang-kendali hams diprogramkan untuk mengurangi gangguan dengan pengoperasian ruang kendali, khususnya dengan memperhatikan pembangkit yang sedang beroperasi. Barang contoh atau simulator yang lain diselesaikan selama perioda pembangkit padam. Namun demikian beberapa tugas (misalnya kondisi sekitar seperti tingkat derau) perlu dilaksanakan dalam ruang kendali selama operasi pembangkit untuk menentukan data yang berkaitan.

Program harus diperluas dari persiapan sampai pelaporan bahasan desain ruang-kendali.

Tanggung jawab dan fungsi dari anggota tim individu hams disertai pada saat ini dan kegiatan anggota tim hams terintegrasi kedalam perubahan menyeluruh, pengkajian dan jadwal pelaksanaan.



#### **4.6.11 Proses pembahasan**

Evaluasi hams sistematis dan prosesnya harus didokumentasikan yang dapat ditelusuri.

Dengan demikian, is hams meliputi sejauh mungkin ukuran kuantitatif dari ciri dan unjuk kerja yang diperlukan.

Untuk masing-masing pengujian atau serangkaian uji yang dilaksanakan, kriteria penerimaan kuantitatif harus ditentukan.

#### **4.6.12 Dokumen laporan**

Hasil-hasil dari masing-masing tugas bahasan desain ruang kendali hams dicatat.

Bila memungkinkan, penggunaan formulir standar dianjurkan untuk mensistematiskan usaha ini. Waktu harus disiapkan untuk mengembangkan formulir ini untuk digunakan untuk membentuk suatu sistem bagi manajemennya.

Jenis-jenis formulir yang mungkin diperlukan meliputi :

daftar pengecekan untuk mencatat komponen ruang-kendali atau ciri-ciri desain yang tidak sesuai dengan IEC 964 lampiran D dan IEC 1227;

formulir yang tidak sesuai dengan rekayasa manusia untuk menentukan lokasi ketidak-sesuaian dan menjelaskan sifat-sifatnya dalam rincian yang cukup sehingga persyaratan aksi yang benar dapat ditentukan;

- formulir inventaris untuk mencatat keadaan komponen didalam ruang-kendali; formulir pengukuran khusus, misalnya pengukuran untuk suara, pencahayaan sekitar, cahaya penayangan, dan iklim;  
formulir pengendalian dokumen seperti log fotografik;
- formulir daftar pertanyaan atau interview operator;  
formulir untuk mencatat respons operator terhadap pengujian khusus (misalnya memakai simulator);  
formulir meliputi sarana pemeriksaan apakah atau bagaimana tanggapan telah ditaati (untuk alasan kelanjutan jaminan mutu);

Memasukan data bahasan (seperti data analisis tugas serta hasil survey dan inventaris ruang-kendali) kedalam sistem manajemen database otomatis yang sangat bermanfaat.

Perbandingan dari inventaris dan spesifikasi tugas, misalnya dapat dibuat lebih mudah dengan bantuan komputer daripada pemilihan secara manual.

#### **4.6.13 Resolusi**

Didalam tahap pemberlakuan ketidaksesuaian perekayasa manusia harus dikaji. Didalam



resolusi proses perbaikannya sudah hams dimulai

Implikasi dari hasil evaluasi dikenal dalam istilah satu atau lebih berikut ini :

klarifikasi kriteria evaluasi;

- modifikasi desain;
- modifikasi prosedur;
- perbaikan pelatihan.

Untuk modifikasi desain dari ruang-kendali yang ada, resolusi meliputi penetapan prioritas dan jadwal untuk tindakan perbaikan, penetapan peluasan perbaikan dan pembenaran semua rekomendasi atau keputusan yang ketidaksesuaiannya benar secara lengkap.

Satu-satu yang terpitih, tindakan perbaikan hams dilaksanakan secara tepat. Perbaikan desain yang dilakukan tanpa gangguan operasi normal ruang kendali (misalnya perubahan dalam ciri permukaan seperti pelebelan dan bantuan lokasi) hams dimulai segera setelah pengkajian diselesaikan. Perbaikan lainnya yang meliputi perubahan pada perlengkapan ruang-kendali atau desain atau memerlukan pelatihan ulang operator hams dijadwal untuk 9+

6666666666666666 memulai konsistensi jadwal dengan mementingkan keselamatan pembangkit dan dengan pertimbangan operasional.

Untuk ruang-kendali baru, setiap kesalahan diidentifikasi dalam evaluasi yang harus diperbaiki sampai kriteria evaluasi dipenuhi

Jika kekurangan yang mendasar ditemukan, resolusi harus dikembangkan secara hati-hati dan dicatat, sehingga tidak ada efek samping yang tidak sesuai dibebankan pada kaitan konsep desain yang telah diperoleh memadai dalam evaluasi sesungguhnya.

Didalam setiap hal, pemberlakuan harus diulang untuk bagian-bagian yang dibuat sebagai perubahan usulan yang dilaksanakan.

## **5 Verifikasi dan pemberlakuan dari pengembangan desain dan backfits**

### **5.1 Umum**

Seperangkat penuh persyaratan verifikasi dan pemberlakuan untuk dijelaskan dalam ayat 4 dapat diterapkan pada desain ruang kendali secara sempurna dengan tipe maju; "maju" artinya ruang-kendali yang sangat berbeda atau inovatif apabila dibandingkan dengan desain sebelumnya dalam aspek: antarmuka tayangan dan kendali (misalnya, VDU-based), penyajian alarm, metoda operasional dan respons umum dari antar muka manusia mesin di



ruang-kendali (MMI) terhadap gangguan pembangkit. Kontrasnya pengembangan desain adalah memulai perubahan yang sangat modis pada saat dibandingkan terhadap ruang-kendali sebelumnya, misalnya aspek yang dijelaskan diatas.

Dalam hal pengembangan desain, terdapat pemberlakuan pengoperasian jenis database dari informasi desain, prosedur pengoperasian, bahan-bahan pelatihan, pengalaman pengoperasian dan informasi bahasan desain ruang-kendali, yang mungkin berkaitan dan dapat diterapkan pada aspek desain yang bervariasi. Seperti bahan-bahan pengganti yang belum ada dapat dijalankan sebagai pengganti yang dapat diterima untuk kegiatan verifikasi dan pemberlakuan yang diperlukan untuk menyelesaikan desain baru. Dapat diterapkannya semua bahan karena mutunya, dan pada perluasan dan sifat perbedaan antara desain baru dan desain sebelumnya.

Dalam hal backfits ruang-kendali yang ada, sifat dan perluasan backfits menentukan apakah hasil pengembangan ruang-kendali dilanjutkan atau tidak. Secara umum backfits memulai perubahan sangat modis, dan selanjutnya pengembangan; meskipun suatu perluasan backfits dari ruang kendali, misalnya penggantian perluasan dari gawai panel konvensional dengan VDU harus menghasilkan desain ruang-kendali maju.

Kegiatan verifikasi dan pemberlakuan untuk pengembangan desain seperti didiskusikan diatas, disesuaikan dengan persyaratan dalam standar ini terhadap kebutuhan khusus dan keadaan sekitar proyek.

Dalam penyesuaian, persiapan, evaluasi dan resolusi harus disajikan. Kegiatan harus didokumentasi dengan memadai pada saat memulai proyek, rencana program perekayasa faktor manusia yang mungkin.

Dokumentasi ini harus juga berisikan dasar pemikiran untuk penyesuaian (misalnya identifikasi dan pembenaran kekurangan dari dan pengecualian pada proses verifikasi dan pemberlakuan penuh).

#### **5.1.1 Derajat inovasi**

Seperti dibahas dalam 5.1, kegiatan verifikasi dan pemberlakuan harus disesuaikan dengan kebutuhan proyek khusus, berdasarkan pada derajat inovasi. Inovasi yang lebih spesifik mungkin dengan desain antarmuka manusia-mesin pada ruang-kendali (MMI), atau dengan struktur staf yang mengoperasikan ruang-kendali atau kedua-duanya.

Sebagai contoh, kegunaan khusus dapat memilih staf ruang kendali pengembangan baru dengan personalia terbaru daripada yang ada di pembangkit sebelumnya.

Derajat inovasi bervariasi sepanjang suatu rangkaian dari desain tiruan yang ada, yang



memerlukan verifikasi dan pemberlakuan paling sedikit, terhadap pengembangan desain yang memerlukan kegiatan terpilih, pada suatu desain lanjutan yang memerlukan kegiatan lingkup penuh verifikasi dan pemberlakuan penuh. Untuk desain pengembangan, kegiatan verifikasi dan pemberlakuan harus dipilih sehingga konsentrasi upayanya pada perubahan bagian dan integrasinya dengan yang ada, menjamin ciri desain.

### 5.1.2 Kualifikasi menurut kesamaan

Jika desain sukses sebelumnya diulang terdapat suatu ekonomi dari upaya desain sebagai tambahan dalam menghasilkan risiko desain rendah. Ekonomi ini dihasilkan dari tingkat pengurangan upaya desain yang dibutuhkan untuk mengembangkan, aspek pengulangan verifikasi dan pemberlakuan dari desain yang diperbaiki. Untuk menempatkan struktur di sekitar proses penyesuaian upaya verifikasi dan pemberlakuan, proses kualifikasi menurut kesamaan dapat diikuti.

Kualifikasi menurut kesamaan adalah suatu argumen sehingga perancang dapat memilih bagian desain yang diulang untuk mengekonomiskan upaya desain.

Argumen ini terdiri dari aspek baik verifikasi maupun pemberlakuan dan pemberian kualifikasi nama yang lebih sesuai dari verifikasi dan pemberlakuan.

Kualifikasi menurut kesamaan berlaku pada sistem tersebut atau perlengkapan yang identik atau berbeda dari kualifikasi sebelumnya atau sistem pengoperasian yang berhasil dan perlengkapan dalam satu atau lebih parameter, tetapi dapat ditunjukkan memenuhi atau melebihi unjuk kerja yang ditentukan. Hal ini dapat diselesaikan dengan penunjukan perbandingan antara sistem yang lama dan baru atau perlengkapan yang tidak mempengaruhi unjuk kerja atau unjuk kerja tersebut lebih tinggi. Misalnya ciri sistem ruang kendali-baru yang mana argumen dapat berlaku meliputi sistem dimana terdapat pengalaman pengoperasian substansial yang berhasil dengan ruang-kendali desain sama, atau sama :

- tingkat otomatisasi;
- penggolongan fungsi dan tugas;
- akses ke sumber informasi;
- prosedur pemeliharaan.

Harus ditegaskan bahwa pengoperasian bebas kecelakaan dari sistem yang ada diperlukan untuk kualifikasi yang berhasil dengan argumen yang sama. Bahasan pengoperasian sistem harus dilaksanakan untuk menunjukkan bahwa tidak ada masalah operasional yang berarti.

## 5.2 Verifikasi pengaturan fungsi



Untuk perluasan pengembangan desain analisa fungsi atas-bawah (top-down) mungkin tidak penting. Fungsionalisasi desain dapat ditunjukkan dari dokumentasi desain yang ada yang memberikan kualifikasi berhasil dengan argumen kesamaan yang tersedia untuk porsi desain yang diulang. Namun demikian penting mengidentifikasi tingkat makroskopik . fungsi pembangkit dasar, bahkan untuk porsi desain yang diulang. Identifikasi fungsi ini tidak dibutuhkan untuk mencakup fungsi tingkat komponen, tetapi dibutuhkan untuk mencakup fungsi sistem dasar. Untuk bagian inovasi desain, rincian lebih (misalnya sampai fungsi tingkat komponen) adalah penting.

Pengaturan fungsi dihimpun dengan porsi desain yang diulang harus disesuaikan menurut kualifikasi dengan argumen yang sama.

Setiap perubahan pada penggolongan fungsi manusia-mesin dan integrasinya dengan fungsi lain harus diverifikasi untuk menunjukkan kesesuaiannya dengan fisik dasar manusia dan kemampuan berpikir (misalnya anthropometry dan laju pemrosesan informasi).

### **5.3 Pemberlakuan penggolongan fungsi**

Untuk bagian perubahan penggolongan fungsi dan integrasi perubahan dengan pengaturan yang diulang, harus ditunjukkan bahwa karakteristik fungsi dan pengaturannya tergantung waktu adalah sesuai dengan fisik manusia dan kemampuan berpikir.

Postulasi urutan kejadian dan beban kerja operator harus diselesaikan untuk mengidentifikasi kondisi beban lebih potensial. Pertimbangan para ahli berdasarkan data operasional dari desain sebelumnya yang dapat digunakan untuk mengkaji kondisi beban lebih potensial, sebagai berlawanan pada analisis beban lebih formal terinci. Derajat data pengoperasian yang tersedia menentukan tingkat analisa perekayasa faktor manusia lebih formal adalah penting.

### **5.4 Verifikasi sistem ruang kendali terintegrasi**

Verifikasi sistem ruang kendali terpadu harus dipusatkan pada perubahan bagian dan integrasinya di dalam ruang-kendali.

Semua persyaratan desain yang berkaitan harus ditunjukkan memuaskan (lihat 4.50). Harus ditunjukkan bahwa semua kendali yang ditetapkan, tayangan dan alarm adalah tersedia. Harus ditunjukkan bahwa ciri MMI dari bagian yang berubah adalah konsisten dengan desain yang ada. Dampak faktor manusia dari semua perbedaan harus dijelaskan dan dibenarkan (misalnya kemungkinan kesalahan manusia). Harus ditunjukkan pula bahwa ketersediaan informasi sampai sistem baru adalah konsisten dengan ketersediaan dari sistem yang ada.



## 5.5 Pemberlakuan sistem ruang kendali terintegrasi

Upaya pemberlakuan harus dipusatkan pada bagian desain barn ruang-kendali dan keterpaduannya. Kehati-hatian diperlukan untuk menjamin interaksi antara desain lama dan baru adalah unjuk kerja yang memadai. Pertimbangan khusus akan menjamin cakupan memadai.

Pemberlakuan sistem ruang kendali terpadu pada umumnya memerlukan representasi yang cukup tinggi dari ruang kendali yang mampu menghasilkan banyak aspek dinamis ruang kendali yang mampu menghasilkan banyak aspek dinamis ruang-kendali sesungguhnya. Untuk pengembangan desain contoh dan simulator dari desain sebelumnya dapat dimodifikasi dan digunakan untuk kegiatan pemberlakuan.

Pendekatan ekonomis ini memberikan perbedaan sifat terbatas. Sebagai tambahan prosedur pengoperasian dan bahan pelatihan dari desain sebelumnya dapat digunakan bila dapat diterapkan.

Untuk proyek konstruksi pembangkit baru, pelaksanaan semua prosedur pembangkit harus berperan tempat di simulator pelatihan ruang-kendali sebagai bagian dari pelatihan staf dengan mengutamakan beroperasinya pembangkit. Kegiatan yang demikian memerlukan jaminan yang menyatukan proses verifikasi dan pemberlakuan untuk pengembangan desain yang tidak mempunyai beberapa aspek beban lebih dari semua yang terpadu. Hasil dari kegiatan harus mempunyai mekanisme formal untuk pemasukan didalam ruang kendali.

### 5.5.1 Interaksi yang memerlukan pengujian

Interaksi memerlukan pengujian dijelaskan dalam 4.6. Secara ringkas adalah:

- ruang-kendali dan operator;
- ruang kendali dan prosedur pengoperasian;
- ruang kendali dan program pelatihan;
- operator dan staf lain di dalam dan di luar ruang-kendali.

Interaksi ini harus diuji agar hubungannya dengan bagian perubahan dan paduannya.

Pengembangan desain biasanya mempunyai persoalan yang berkaitan dengan masing-masing interaksi di atas. Tingkat masing-masing interaksi memerlukan pengujian tergantung sifat dan perluasan perubahan.

Untuk pengembangan desain, penekanan harus diarahkan pada prosedur pengoperasian darurat dan prosedur pengoperasian normal terpilih.



Dengan pengembangan desain, penerapan data operasional untuk kendali tradisional dan pemantauan MMI dapat mengurangi upaya pemberlakuan. Namun demikian karena sifat keselamatan prosedur pengoperasian darurat, maka mereka harus diuji lebih sempurna.

Upaya pemberlakuan harus dipusatkan pada bagian inovasi desain diterapkan.

Misalnya hanya prosedur pengoperasian darurat termasuk area inovasi yang mungkin memerlukan pengujian. Dalam pemilihan prosedur atau bagian prosedur untuk diuji secara rinci, tim pemberlakuan harus mempertimbangkan tidak hanya bagian inovasi, tetapi kemungkinan interaksi dari desain baru dan lama, secara khusus hubungannya dengan prosedur pengoperasian darurat. Pertimbangan spesialis akan menjamin cakupan memadai dari interaksi yang dicapai.

### **5.5.2 Uji pemberlakuan**

Terdapat beberapa kemungkinan cara pemberlakuan desain. Harus dipilih dengan hati-hati agar sesuai dengan persoalan yang telah dipelajari, dan kemampuan simulator membuat situasi pembangkit yang diperlukan. Hal ini adalah kepentingan khusus jika simulator desain yang ada dimodifikasi. Faktor keahlian manusia harus dimasukkan dalam latihan pemilihan. Latihan umum meliputi: puncak tabel (table-top), siap jalan (walk-through), simulasi waktu nyata tiruan dari skenario dan simulasi waktu nyata. Paling kurang dua metoda dipilih dalam setiap program pemberlakuan (lihat lampiran B untuk lebih rinci).



## Lampiran A (normatif)

### Contoh pendekatan untuk evaluasi unjuk kerja fungsi

Untuk mengevaluasi unjuk kerja semua fungsi normal (termasuk keadaan padam), abnormal dan kondisi darurat sebaik kejadian yang disajikan, pendekatan yang berbeda dapat digunakan. Uraian pendekatan umum adalah sebagai berikut:

#### A.1 Pendekatan analitik

Hal ini dapat meliputi sebagai berikut:

##### A.1.1 Analisis urutan operasi

Ini digunakan untuk memberlakukan:

kemampuan ruang-kendali, memperhitungkan interaksi antara anggota staf pengoperasian, stasiun kerja dan sistem, terhadap keberhasilan penuh fungsi desain waktu dan ruang; pengaturan fungsi pada staf ruang kendali dan operator lokal. Khususnya tidak memerlukan mereka untuk melaksanakan kerjasama, tugas yang tergantung satu sama lain untuk pencapaian fungsi bilamana salah satu kritis waktu atau penting pada keselamatan pembangkit atau tersedianya pembangkit.

Jika pembatasan kemampuan staf pengoperasian ruang-kendali diekspos, maka modifikasi desain seperti pengaturan fungsi pengganti, pengaturan tugas operator baru atau modifikasi staf dibuat.

##### A.1.2 Kajian beban kerja operator (dengan mengacu pada data kemampuan manusia dan menggunakan setiap metodologi yang ditetapkan).

Jumlah tujuan fungsional dan angka beban kerja yang diperlukan dari staf ruang-kendali tidak boleh melebihi kemampuannya. "Pengukuran" dalam kemampuan manusia dan analisis beban kerja operator akan ditentukan jika kondisi beban lebih operator ada.

Beberapa faktor berdampak beban kerja operator. Beberapa dari faktor ini adalah desain ruang-kendali, program pelatihan operator, prosedur normal dan darurat, dan persahabatan antara anggota staf operasi. Sebagai contoh, pelatihan operator yang kurang baik mungkin menjadi beban kerja tinggi dalam respons terhadap trip pembangkit, bila pelatihan operator yang baik dapat memberikan beban kerja sedang.



Tujuan adalah untuk menjamin operator dapat diterima melaksanakan semua tugas yang diberikan kepadanya. Pada keadaan tegang (stress), seperti operasi pembangkit abnormal dan darurat, operator secara individu dan mungkin staf operasi mendapat beban lebih karena permintaan, khususnya jika penyimpangan kejadian dari pelatihan.

Suatu analisis beban kerja operator rinci dengan menekankan pada kegiatan berpikir dapat berguna untuk situasi yang tidak tercakup bila operator mendapat beban kerja lebih.

Jika kondisi beban kerja lebih terjadi, kemudian pengaturan fungsi diuji ulang dengan modifikasi desain pada tingkat otomatisasi, panel kendali, prosedur, dan/atau stasiun kerja harus dipertimbangkan.

#### **A.1.3 Analisis laporan kesalahan manusia pada waktu lampau**

Maksud analisis kesalahan manusia adalah untuk menyelidiki kemungkinan kesalahan selama kondisi tegang atau kondisi beban kerja tinggi dan untuk mengevaluasi rangkaian yang dihasilkan dari kesalahan. Perubahan seperti mesin tambahan, staf tambahan, pelatihan tambahan, atau modifikasi prosedur terhadap beban kerja operator yang lebih rendah harus dibuat untuk kondisi bilamana kemungkinan kesalahan manusia tinggi ada dalam hubungannya dengan konsekuensi keselamatan yang tidak dapat diterima.

#### **A.1.4 Analisis interaksi ruang-kendali**

Analisis harus mendefinisikan frekuensi dan kekritisannya yang berhubungan dengan masing-masing interaksi yang terjadi antara operator dan perlengkapan dan/atau antara satu operator dan operator lainnya. Hasil analisa kemudian digunakan untuk mengevaluasi memadainya tata letak stasiun kerja dalam hal kegunaan waktu dan ruang. Desain ulang stasiun kerja mungkin diperlukan untuk mengoptimalkan pemakaian waktu dan ruang pada operator agar tugas kritis dapat dilaksanakan secara berhasil. Penerapan analisis ini dengan tepat harus mencapai desain mendekati optimal untuk stasiun kerja, untuk misalnya mengenai korelasi ruang tayangan dengan kendali agar memberikan informasi umpan balik pada operator.

### **A.2 Pendekatan makroskopik**

Pendekatan ini hanya sesuai dengan pemberlakuan desain terinci.

Penerapan yang ketat kriteria berbeda seperti didefinisikan di atas dapat berperan pada pembagian kegiatan operator tertentu dan hasil melebihi teoritis. Ini penting untuk mempertimbangkan kegiatan operator sebagai konsistensi keseluruhan.

Hal ini dapat dicapai dengan rangkaian uji percobaan yang berkaitan dengan kejadian yang lebih kritis, menggunakan staf operasi pada contoh ruang kendali atau lingkungan yang tersimulasi.



## Lampiran B (informatif)

### Bantuan evaluasi

Persyaratan umum menyangkut tiruan dan prototipe yang mana fungsi dan lautan lingkungan tersimulasi telah mewakili dengan memadai, dengan respek terhadap tujuan pengujian yang direncanakan, misalnya karakteristiknya (kesempurnaan, kebenaran fisik, kebenaran fungsi) adalah memadai.

Catatan juga bahwa dalam kegunaan pengujian yang hampir selesai, kebenaran tiruan dan prototipe yang tinggi dengan simulator, kegiatan operator mungkin menyimpang (karena ketidak sempurnaan tim evaluasi, tidak ada lingkungan pengoperasian normal dari pembahasan teknis dan manusia, dan lain-lain) kecuali kalau tiruan sempurna dari ruang-kendali tersedia dan pengujian dilakukan dengan keterlibatan staf pengoperasian lengkap.

Keuntungan dan kerugian masing-masing pendukung evaluasi dirangkum pada tabel B.1.

Tabel B.1

Keuntungan dan kerugian masing-masing pendukung evaluasi

Metoda bantuan dan bantuan evaluasi	Keuntungan	Kerugian
Di atas meja: uraian terinci ruang kendali	Waktu tunda singkat pada hasil diberikan	Ketidak pastian tentang kelelahan dan kejutan
Desain dan analisis dokumentasi		
Tanpa model dan dengan model	Hasil model untuk fungsi tertentu	Tidak ada interaksi antar fungsi-fungsi
Profil dengan simulator pembangkit	Keterpaduan dinamik dari fungsi	Sulit untuk pelaksanaan, khususnya jika cakupan penuh-waktu ril.  Waktu tunda panjang dalam memberikan hasil
Penerapan di tempat	Analisis kasus nyata pada semua dimensi	Kesulitan perubahan desain pada tahap akhir

Harus diingat bahwa :

kesempurnaan evaluasi meningkat sebanding kecanggihan peningkatan bantuan evaluasi (dari analisa dokumentasi (spesifikasi) pada studi penerapan di tempat).

batas manupur mengikuti evaluasi, untuk mengatakan kesempatan menetapkan lagi konsep desain penerapan, yang akan mengurangi kecanggihan secara proporsional dari



peningkatan pendukung evaluasi, karena pemakaiannya umumnya lebih lambat pada proses desain.

Bantuan evaluasi biasanya tidak tersedia pada setiap momen sampai proses desain.

Spesifikasi dan dokumentasi desain lain tersedia secara dini pada proses desain dan menjadi lebih teliti dengan waktu. Karenanya bahasan terinci dari desain ruang-kendali dan dokumentasi analisis adalah suatu bantuan evaluasi yang tersedia pada semua tahapan desain.

Pemakaian tiruan tidak lengkap atau prototipe tidak lengkap dengan simulator cakupan parsial dianjurkan untuk mengantisipasi evaluasi item dasar pada tahap desain dini. Pada akhirnya studi penerapan di tempat hanya mungkin pada akhir proses desain.

Tingkat interaksi dan kesempurnaan meningkat dengan pengembangan bantuan evaluasi.





## Lampiran C (Informatif)

### Aspek-aspek pengertian

Pembicaraan lebar tentang studi aspek-aspek pengertian berkaitan dengan studi semua fungsi yang membuat pemrosesan informasi secara individu. Untuk maksud standar ini, fungsi ini telah dibagi menjadi tiga kelas utama kegiatan operator:

- pendeteksian dan pengamatan perubahan pembangkit tetap;
- diagnosa perubahan dan perencanaan untuk tindakan perbaikan;
- pemilihan dan pelaksanaan tindakan pengendalian.

Model unjuk kerja manusia dapat digunakan untuk membuat karakter aspek pengertian.

Pemakaian model seperti ini dianjurkan. Pada gambar C.1 model pengambilan keputusan seperti itu dijelaskan. Model ini mengidentifikasi tidak perbedaan tahap pengertian yang disebut diatas.

Pemberlakuan umum meliputi evaluasi dari perbaikana unjuk kerja operator dan perbaikan unjuk kerja staf operasi yang diperoleh dari modifikasi desain ruang-kendali khusus. Perbaikan ini dapat mengacu kepada desain ruang kendali yang ada dan versus desain ruang kendali untuk salah satu ciri backfits atau desain ruang kendali baru.

#### **Persyaratan untuk evaluasi.**

Persyaratan untuk evaluasi penyempurnaan unjuk kerja yang diberikan dibawah ini.

#### **C.1 Pendeteksian dan pengamatan**

Kelas ini meliputi kegiatan berkaitan dengan perolehan informasi tentang status pembangkit yakni pemantauan oleh operator untuk menentukan status kini pembangkit, pemantauan periodik untuk mendeteksi kesalahan fungsi mencakup kecenderungan yang begitu kecil untuk mengaktifkan alarm dan pemantauan dijelaskan dengan prosedur sebagaimana untaian dengan pergantian shift.

Kegiatan pengertian relatif utama adalah:

mengamati apakah yang tidak normal atau kecenderungan penyimpangan dari normal;  
mengidentifikasi kemantapan (state).

Evaluasi meliputi suatu kajian kecukupan unjuk kerja terhadap jenis potensial kesalahan berikut ini :



- kegiatan atau penundaan berlebihan pada pendeteksian dan/atau nilai parameter pembangkit yang relevan;
- kesalahan baca nilai parameter pembangkit yang relevan;
- kegagalan atau penundaan berlebihan pada pendeteksian kemantapan pembangkit atau pelaksanaan kemantapan pembangkit;
- kegagalan mengkomunikasikan kepada personalia pembangkit lainnya atau pelaksanaan kemantapan pembangkit dalam istilah khusus pada sistem individual yang tercakup bilamana dapat diterapkan. Komunikasi ini mencakup pergantian shift.

Uji untuk kajian ini harus mencakup faktor kontribusi terhadap kompleksitas kegiatan sebagai berikut:

- banyak penunjukan pembangkit dengan tingkat abstraksi berbeda tentang status perlengkapan, status proses, status fungsi dan status tujuan;
- perbedaan parameter pembangkit yang normal untuk perubahan pada kemantapan pembangkit;
- perbedaan dan/atau kekurangan perubahan pada parameter pembangkit karena kesalahan fungsi sensor pembangkit;
- perubahan berangkai pada pembangkit.

## **C.2 Perubahan diagnosa dan perencanaan untuk tindakan perbaikan**

Kelas ini mencakup semua kegiatan yang berkaitan dengan alarm dan gangguan pembangkit. Perhatian pada pengidentifikasian dan pengkajian pelaksanaan gangguan pembangkit dengan pengaruh pada kesalahan fungsi pembangkit serta tujuan dan pemilihan atau perumusan rencana respons.

Kegiatan kognitif primer yang sesuai adalah :

- pengidentifikasian gangguan;
- kajian pelaksanaan keadaan pembangkit;
- pemilihan respons atau pemilihan tujuan;
- formulasi rencana tindakan.

Evaluasi meliputi kajian penyempurnaan unjuk kerja untuk jenis kesalahan potensial sebagai berikut :

- kegagalan mengamati atau mengenal keadaan pembangkit tidak normal atau kesalahan fungsi sistem atau kecenderungan pembangkit untuk menyimpang dari keadaan normal;
- kegagalan terhadap pengembangan suatu pengertian yang benar dari implikasi pada tingkat sistem pembangkit;
- kesalahan tetap (mengabaikan) fakta bahwa tidak konsisten dengan tujuan ditentukan);



- kepercayaan berlebihan pada petunjuk familiar atau rencana respons (misalnya: potongan pendek pada gambar C.1);
- kegagalan mempertimbangkan terhadap akibat negatif sehubungan dengan rencana respon (tidak sesuai tujuan potensial);
- membuat evaluasi tidak sesuai dengan tujuan trade offs.

Pengujian untuk kajian ini harus meliputi faktor yang berkontribusi pada kesempurnaan kegiatan ini sebagai berikut:

- kesalahan berganda yang menghasilkan sejumlah besar alarm (beban lebih alarm);
- kekurangan pengertian atau fakta tidak jelas mengenai gangguan pembangkit;
- perubahan keadaan pembangkit yang membuat petunjuk familiar tidak sesuai;
- kesalahan berganda yang menghasilkan situasi konflik dan/atau menempatkan keterbatasan pada rencana respons yang ditetapkan.

### C.3 Pemilihan dan eksekusi tindakan khusus

Kelas ini meliputi kegiatan berhubungan dengan pengambilan perubahan pada keadaan pembangkit atau mode pengoperasian pembangkit (pemadaman, pengurangan daya, penyalaan) dengan menetapkan sistem atau perlengkapan ke dalam operasi dan/atau menetapkan sistem atau perlengkapan di luar operasi.

Penekanan untuk kelas kegiatan ini ada dalam perencanaan dan eksekusi respons, kegiatan kognitif primer yang relevan adalah:

- pengamatan keadaan pembangkit;
- pemilihan dan perumusan rencana respons berdasarkan diagnosa dan meliputi pemilihan tujuan, bagian kecil keberhasilan perencanaan serta pemilihan dan/atau perumusan tindakan;
- tindakan eksekusi;
- perolehan umpan balik atas akibat tindakan.

Umpan balik ini meliputi verifikasi dari pelaksanaan, perubahan pemantauan pada keadaan pembangkit dan pencapaian tujuan yang diinginkan.

Kegiatan kognitif ini dijelaskan pada gambar C. 1.

Evaluasi meliputi kajian penyempurnaan unjuk kerja untuk jenis kesalahan potensial sebagai berikut :

- kegagalan memantau sistem otomatis dan melakukan intervensi manual jika diperlukan;
- kegagalan memeriksa pra kondisi, antisipasi akibat sampingan dan pasca kondisi;
- kegagalan eksekusi melalui kesalahan kelalaian atau pengujian (tindakan salah atau diluar urutan);



- kegagalan mendapatkan umpan balik atas tindak verifikasi pelaksanaan dan pemberlakuan yang disiapkan akibat dari keadaan pembangkit dan tujuan yang diinginkan;
- kegagalan mengikuti dinamika proses untuk tindakan kontrol seirama dengan kejadian;
- kegagalan mengkoordinasikan dan/atau berkomunikasi dengan anggota staf operasi yang lain.
- Pengujian untuk kajian ini harus meliputi faktor yang berkontribusi pada kesempurnaan kegiatan ini sebagai berikut :
  - dinamika proses kompleks termasuk kecepatan atau penundaan panjang perubahan proses;
  - kurang pengertian atau nilai parameter tidak jelas;
  - tindakan yang dilakukan operator secara berganda baik manual maupun otomatis; efek sampingan negatif dari tindakan yang memerlukan kajian ulang keadaan pembangkit dan modifikasi tindakan yang direncanakan.

#### **C.4 Penggunaan prosedur**

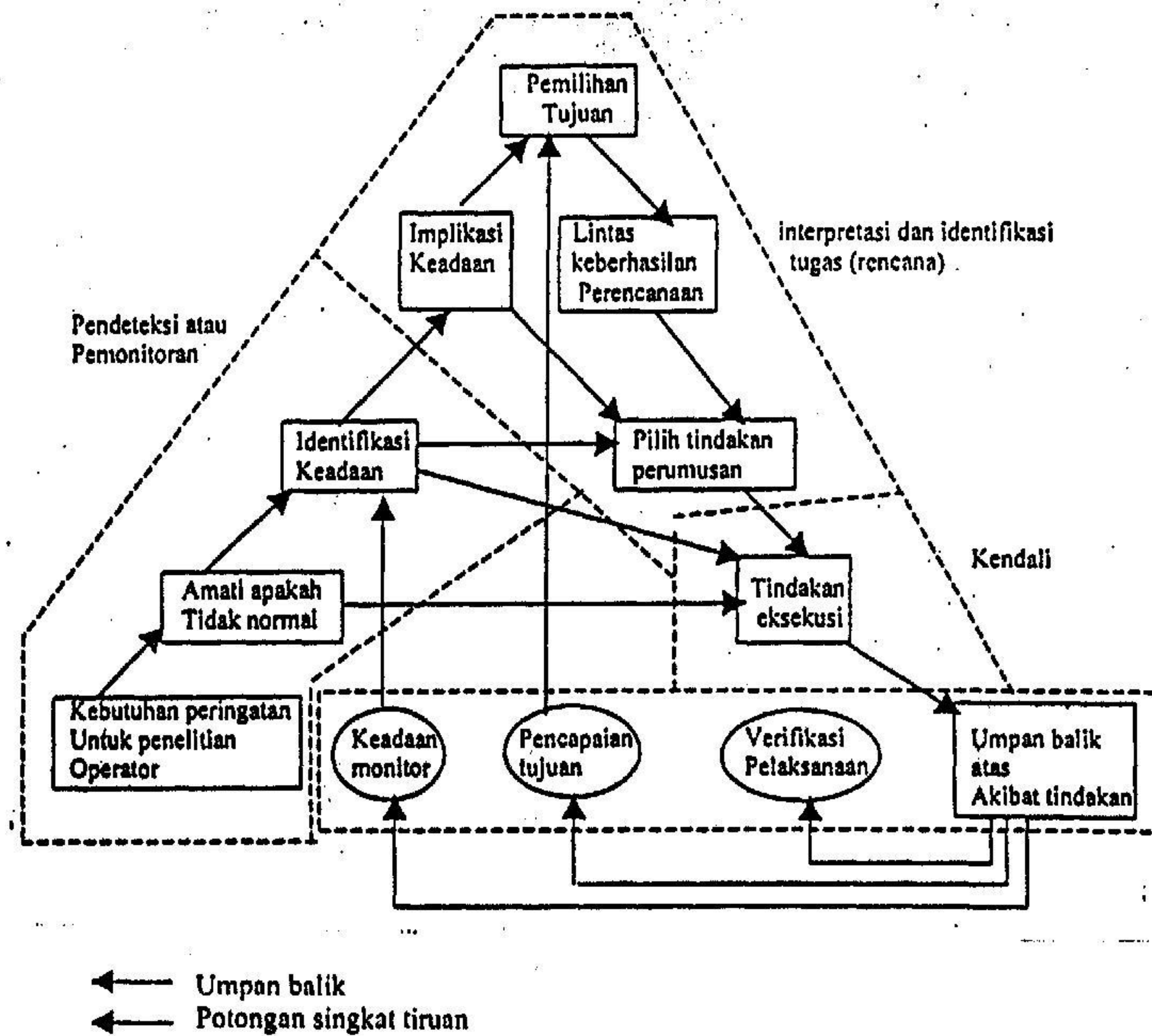
Karena ketiga kelas kegiatan kognitif seperti dijelaskan di atas semuanya memerlukan pemakaian prosedur, hal ini dapat meningkatkan evaluasi persoalan yang tidak tergantung pada kandungan prosedur. Kegiatan prosedur berikut ini memerlukan pertimbangan khusus dalam pengembangan pengujian.

Sistem prototipe harus mencakup kertas salinan dan prosedur komputerisasi yang menghasilkan dan prosedur kegiatan berikut ini harus dijelaskan dalam pengujian :

- kejadian yang memerlukan eksekusi linear dari prosedur tunggal;
- kejadian yang memerlukan shift di dalam dan di antara prosedur;
- kejadian yang penggunaan dari prosedur ganda secara simultan;
- kejadian yang memerlukan sesuatu untuk menyimpang dari prosedur atau kejadian yang menghasilkan konflik dalam pemilihan prosedur.

Analisa dari basil uji juga dapat menganjurkan perlunya untuk memodifikasi prosedur yang diadopsi.





Gambar C.1 Model pengambilan keputusan operator



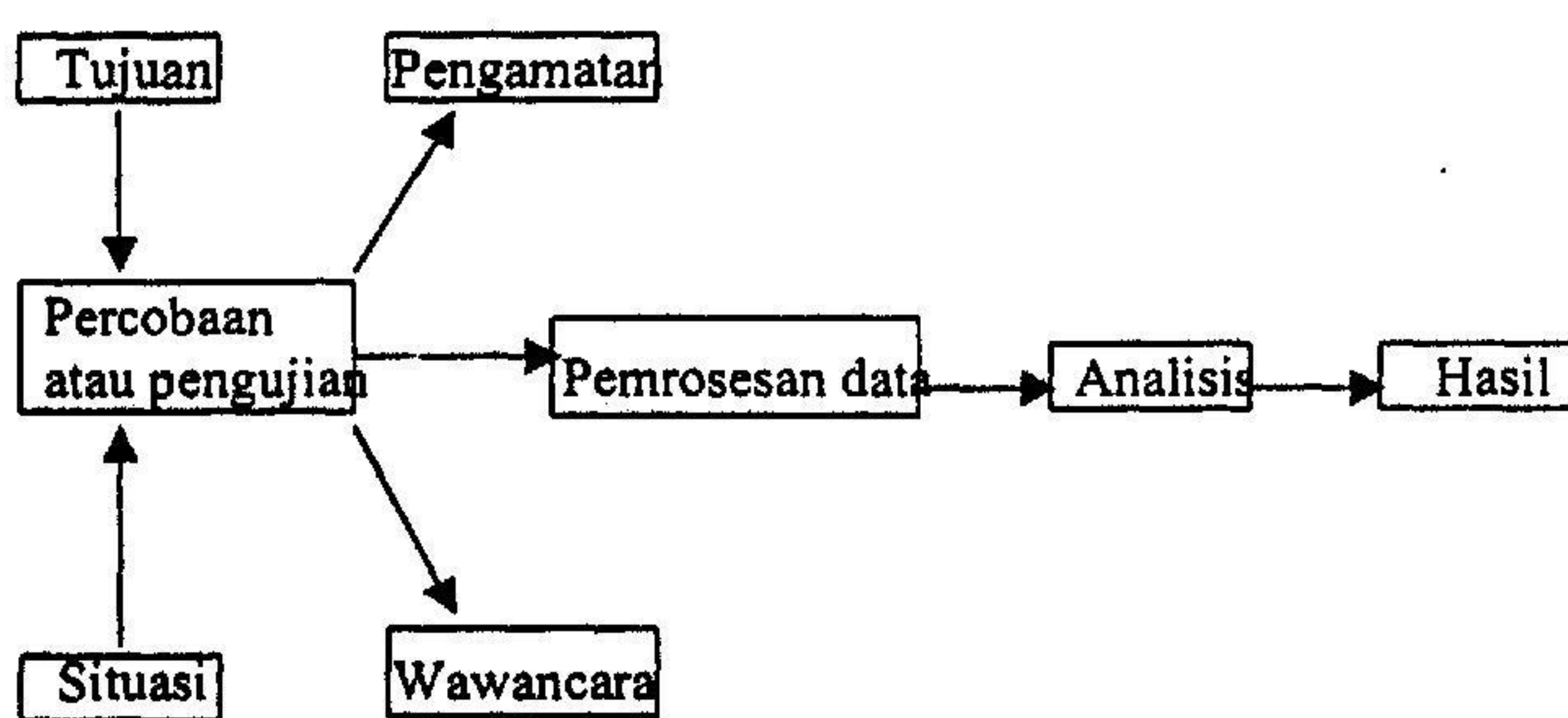
## Lampiran D (Informati f)

### Metoda evaluasi umum

Lampiran ini memberikan uraian umum dari metoda evaluasi yang dianjurkan, bersama dengan beberapa contoh dan diskusi mengenai keuntungan dan kerugiannya.

#### D.1 Tahapan metoda

Diagram prinsip perumusan yang lebih umum dari metoda evaluasi ditunjukkan pada gambar D.1.



Gambar D.1 Pengorganisasian evaluasi secara umum

Untuk masing-masing topik evaluasi, seperangkat tujuan ditetapkan. Tujuan mencakup butir-butir untuk analisis untuk mengevaluasi pemakaian sistem ruang-kendali (kendali, alarm) oleh operator untuk pengoperasian. Tergantung pada topik, tujuan dapat lebih terinci atau kurang terinci. Contoh tujuan adalah:

- operator mampu mengoperasikan pembangkit dengan benar, dalam situasi pembangkit apapun;
- operator mampu mengartikan tanda alarm dengan tepat dan benar (verifikasi uji bagaimana gangguan dideteksi dan dipahami dengan menggunakan sistem alarm);
- staf operasi mampu menggunakan dengan independen serta secara efisien dan efektif, dibandingkan dengan prosedur (uji tentang penggunaan berganda kendali pembangkit, prosedur serentak).

Untuk setiap tujuan, terdapat tabel hasil pengukuran tertentu :

- hasil pengukuran adalah unsur-unsur kegiatan operator (penggunaan dialog, stasiun kerja, komunikasi verbal dan arah pandang), atau keadaan proses (terjadinya alarm, perubahan keadaan);



- hasil pengukuran dipilih sebagai fungsi dari kepekaannya terhadap tujuan. Ini adalah unsur-unsur kegiatan yang paling mampu (secara teoritis) untuk memberlakukan tujuan yang dipertimbangkan.

Pada waktu bersamaan, dan untuk masing-masing tujuan, pemrosesan awal dilaksanakan pada pengukuran basil yang ditentukan. Definisi hasil pengukuran dan pemrosesan tertentu adalah unsur pertama dari pertimbangan yang dapat membentuk database berguna untuk memungkinkan hasil dianalisa secara statistik jika diinginkan juga.

Situasi ditetapkan sebagai fungsi dari tujuan. Dalam hal prototipe, berkaitan dengan skenario pengoperasian yang lebih realistis dan kurang realistik:

- pengujian dari suatu tujuan dapat memerlukan bagian dan pengamatan fase pengoperasian khusus (misalnya suatu fase pengoperasian dalam sejumlah alarm adalah penting untuk menguji jumlah screen alarm);
- dalam situasi khusus, kebutuhan tertentu dapat dirumuskan dengan cara demikian sehingga dapat digunakan untuk menguji beberapa tujuan.

Waktu yang disiapkan untuk wawancara memungkinkan untuk melengkapi tahap pengamatan :

- wawancara ini dapat berperan selama atau sesudah pengamatan;
- dalam segala hal, alat-alat yang digunakan selama wawancara ini ditetapkan (quosioner, pedoman wawancara dengan topik, data pengamatan yang digunakan sebagai bantuan untuk wawancara).

Wawancara ini mempunyai tiga peran :

- untuk mendapatkan penjelasan dari operator atas hasil yang diperoleh, untuk membantu dalam analisis;
- untuk mendapatkan data lebih rinci atas masalah khusus yang dihadapi selama pengamatan;
- untuk memperoleh opini keseluruhan atas ruang-kendali (pengumpulan opini dalam arti keuntungan dan kerugian, kekuatan dan kelemahan).

## D.2 Skenario pemberlakuan

Skenario dituliskan sebagai gambaran dari situasi operasional terpilih yang diadaptasi terhadap metoda pemberlakuan terpilih. Skenario ini disajikan dari pembangkit sesungguhnya dan mencakup:

- pengoperasian normal (misalnya penyalaan, daya penuh, dan operasi pemadaman)



serta operasi transien (misalnya trip turbin, kehilangan daya, pemadaman paksa pembangkit);

- kegagalan instrumentasi (misalnya unit kontrol dan logik, pengendali toleransi kesalahan, unit medan lokal untuk sistem multipleks, pengendali);
- kegagalan ganda perlengkapan dan pemroses (misalnya kehilangan VDUs (video display unit), kehilangan data pemroses, kehilangan tayangan keseluruhan); kondisi darurat (misalnya kerusakan saluran uap utama, tambahan reaktivitas positif, penyisipan pengendali pada daya, penarikan batang pengendali, ATWs, dan ukuran LOCAs yang berbeda-beda).

Skenario menjelaskan kondisi awal, urutan respon pembangkit yang tepat dan gejala yang dapat diterapkan. Bagian-bagian yang diharapkan diikuti saat pengoperasian pembangkit diberikan untuk memungkinkan kriteria evaluasi dicapai.

Evaluasi mengkaji cara penggunaan alat-alat dan pemenuhan kesulitan. Cuplikan situasi teramati harus mencakup situasi yang berbeda. Menurut bantuan evaluasi yang dimaksud, seperti ditetapkan dalam 4.4.6, situasi ini akan mempunyai definisi berbeda, tetapi dalam segala hal akan mewakili tugas. Pengendalian karakteristik situasi acuan adalah penting sebagai kemungkinan menetapkan dalam masing-masing topik evaluasi yang teridentifikasi baik hubungan antara pelaksanaan kegiatan dan konteks penyajian tugas yang dilaksanakan.

Dalam hal percobaan prototipe yang dikopel terhadap simulator, uji situasi cuplik tidak hanya dari titik pembahasan keadaan proses, tetapi secara khusus dari akibatnya terhadap kegiatan operator. Penetapan skenario penyajian situasi pembangkit akan memperhitungkan bagian-bagian kegiatan operator yang berbeda.

Hal ini menyebabkan mengapa hart's, lebih baik untuk memisahkan evaluasi ergonomik dari kemungkinan evaluasi fungsional secara keras untuk persyaratan skenario yang mungkin berbeda.

Pengaruhnya, sebagai bantuan evaluasi fungsional adalah untuk menjamin bahwa pemakaian alat-alat membuat kemungkinan penguasaan semua situasi secara teknis, ini penting untuk menempuh kemungkinan pejalaran situasi pengoperasian sangat luas untuk melihat jika sistem memungkinkan respons pada kasus dalam bentuk yang sangat bervariasi.

Penelitian lengkap ini ke dalam situasi pengoperasian adalah sulit bertemu dengan pemilihan penyajian skenario situasi dimaksudkan yang berkenaan dengan topik evaluasi ergonomik. Hal ini juga sulit memastikan keabsahan hasil statistik tertentu dan memperhitungkan sifat variabilitas individu.



Ketidak sesuaian ini dapat meningkatkan jumlah situasi penting dan jumlah cuplikan untuk diuji.

### D.3 Data dan pemrosesan

Evaluasi parameter yang berbeda-beda mengandalkan pengumpulan dan pemrosesan data uji.

Data ini terutama mengenai pemakaian antar muka manusia-mesin, tetapi juga unsur-unsur yang dapat berfungsi sebagai acuan, seperti standar dan rekomendasi yang berlaku.

Pembicaraan umum rupa-rupa data yang tersedia sesuai dengan pendukung yang telah dievaluasi (spesifikasi, modal, prototipe, ruang kendali real). Rincian hasil sebaik tujuan evaluasi dan data yang dapat diakses operator berbeda, sehingga desain dikembangkan.

Jika spesifikasi antar muka manusia-mesin berperan pada tahap awal, tidak mungkin mengamati sifat pengguna. Evaluasi hanya dapat dibuat dari standar acuan ergonomik, penilaian para ahli dengan ahli ergonomik, serta daftar periksa dari parameter penting yang akan dievaluasi. Pada tahap ini data masih kualitatif dan evaluasi didasarkan pada pendapat ahli. Hasil adalah fungsi dari kesanggupan ahli untuk menyatakan masalah potensial dari analisa spesifikasi. Harus mengidentifikasi abnormal jika diperlukan dan memberikan rekomendasi.

Pada tahap akhir desain, evaluasi didasarkan pada penggunaan alat-alat operator, tujuan evaluasi dan kumpulan sifat data pengamatan, penjajakan kegiatan, pendapat-pendapat dan komentar penjelasan dengari operator selama wawancara.

Kenyataannya penting untuk mengumpulkan lima jenis data:

- data pada konteks evaluasi (karakterisasi parameter situasi tersimulasi, operator); data pada akibat pemakaian proses (efisiensi pengoperasian, kesalahan);
- data pada pemakaian antar muka (penjajakan manipulasi antar muka, pencatatan informasi);
- data pada persepsi pengguna, pencatatan opini yang dinyatakan selama wawancara.

Data terkumpul dapat dirinci atau disusun. Selama evaluasi, data terekam semakin lama semakin lebih terbentuk karena masalah yang ada kegunaan antar muka menjadi lebih tepat.

Hal ini penting untuk menyelesaikan data ini dengan basil dari uji penggunaan parsial yang berbeda-beda, untuk menilai parameter sulit tertentu pada kegunaan global terpisah (misalnya uji memorisasi, uji penandaan).



Data terkumpul dapat digolongkan dalam istilah data obyektif (misalnya waktu untuk melaksanakan tugas) dan data subyektif (misalnya keputusan dibuat oleh anggota staf).

Kedua kategori ini melengkapi dan membentuk dua pembahasan berbeda dari kenyataan yang sama.

Data obyektif (atau pengamatan), memungkinkan memadu informasi yang diperoleh dari sarana lain (pendapat operator, pernyataan para ahli), menghasilkan kebalikan fenomena tertentu tak terdeteksi, atau pemberlakuan tujuan. Sebaliknya, data subyektif memberikan unsur penjelasan pada tipe sifat teramati selama pengujian dan memungkinkan untuk menyelidiki persoalan sulit serta pendeteksian yang lain. Misalnya pemakaian fungsi dialog berlebihan bukanlah karakteristik desain seimbang yang baik, khususnya jika pemakaian fungsi ini menjadi wajib karena kekurangan alternatif. Inilah hal untuk evaluasi parameter kognitif tertentu, yang sulit untuk mendapatkan kaitan data pengamatan obyektif: satu dapat dibuat sebagai dasar perolehan data selama wawancara.

Pemilihan pengukuran sesuai dengan persoalan pada keadaan studi, kebenaran program dan posisi staf pada keadaan studi. Pada umumnya akan andal pengukuran data subyektif dan pada data obyektif yang harus dipilih untuk mendukung kajian unjuk kerja sistem subyektif. Untuk pengukuran subyektif, penting untuk menetapkan keandalan dan keabsahan sebelum penerapannya pada latihan pemberlakuan sesungguhnya. Metoda psikometrik standar harus digunakan untuk maksud ini (misalnya korelasi antar-pengamat).

Pemakaian pemrosesan ilmiah dan metoda analisis data dianjurkan. Kebutuhan data dan dasar analisa tetap lebih tinggi apabila terdapat jumlah data yang besar untuk diproses, dan tidak dapat dimanfaatkan tanpa hal tersebut.

Data kuantitatif terkumpul secara efektif disimpan dalam database yang mengizinkan komputer memprosesnya dengan perangkat statistik.

Dianjurkan bahwa definisi data terkumpul dan pemrosesan yang dilaksanakan pada bagian formulir data dari tahapan yang berkaitan, urutan meliputi:

definisi tujuan evaluasi;

- tujuan yang diberlakukan, atau parameter yang dievaluasi; data yang dikumpul;
- pemrosesan data;
- pengumpulan sesungguhnya;
- pemrosesan dan interpretasi hasil.



Semua data yang harus disusun mengizinkan perbandingan dan diperiksa lagi antara data dibutuhkan untuk evaluasi ergonomik dengan topik yang didefinisikan pada bagian terdahulu.

Dianjurkan untuk mempunyai konsultan ergonomik dengan ahli statistik pada tahap paling awal dalam langkah ini, untuk membantu pemilihan data dan penyusunan tabel data sebagai fungsi analisis pertimbangan, dan selanjutnya pemrosesan data ini.

Analisis yang harus dilaksanakan pada bagian ini adalah:

- sortir sederhana dan presentasi data berkaitan dengan analisis kejadian khusus;
- pendekatan statistik memungkinkan analisis makroskopik dari fenomena yang dilaksanakan;
- pendekatan heuristik yang memungkinkan penyelidikan adanya fenomena, atau unsur-unsur informasi pada parameter yang dievaluasi;
- pendekatan yang ditargetkan pada pengertian fenomena khusus lebih baik.

#### **D.4 Contoh penerapan**

Contoh sederhana dapat diberikan: tujuan harus diperiksa bahwa pembahasan dinding tiruan berguna dan tetap penting untuk tim.

Situasi dan skenario ditetapkan dan sesuai dengan tujuan mimic. Perbedaan situasi adalah untuk hal kondisi ajeg (steady), kondisi darurat, kehilangan stasiun kerja komputerisasi.

Data obyektif terproses ditetapkan misalnya hal jumlah penjelasan operator pada mimic, perubahan-perubahan antara operator.

Selama skenario, data ini dikumpul (dengan orang atau secara otomatis jika mungkin) dan diproses dalam data base.

Selama wawancara setelah skenario, data subyektif dikumpul dan jika mungkin dibandingkan dengan sekali obyektif. Dalam hal ini operator dapat menuntut mimic dinding tidak berguna secara total, terlebih dahulu, dia harus mencari setiap menit dan melihat perubahan keadaan rangkaian khusus yang dimaksud.

#### **D.5 Keuntungan dan kerugian metoda evaluasi**

Metoda yang dijelaskan memberikan keuntungan pada sejumlah butir tertentu:

- pengorganisasian sumber daya manusia dan sumber teknis yang digunakan untuk evaluasi :
- pengorganisasian ini memungkinkan untuk mengumpulkan sarana dalam pelaksanaan analisis ergonomik pekerjaan;



## SNI 04-6264-2000

- sejumlah investmen prior tertentu dapat dibenarkan (jumlah percobaan, jumlah tim operasi, jenis perangkat akusisi);

koordinasi pengamat :

- tahap ini memungkinkan ahli ergonomik, teknisi dan perancang yang mana metoda dan yang diharapkan dilaksanakan berbeda pada koordinasi kegiatan mereka;
- salah satu dapat mempunyai keseluruhan tindak lanjut dari semua topik evaluasi; pendekatan umum ini memungkinkan masing-masing dari mereka mendapatkan unsur yang dibutuhkan untuk analisis khusus tugas yang dimiliki.

penyusunan perangkat pengamatan: perangkat pengumpul data selama pengamatan atau tahap wawancara dapat ditetapkan sedini mungkin.

- pelaksanaan dan pengurutan tahap bervariasi dari langkah. Di awal ke dalam topik studi memungkinkan menetapkan apakah 'evaluasi dimaksudkan menghasilkan dan kemudian memudahkan penerapan langkah, sesuai dengan kronologis tertentu, berkaitan dengan topik konsep laporan.

Karakteristik dari langkah yang ditunjukkan dapat juga dihasilkan dalam sejumlah bias tertentu atau kesulitan:

Pengumpulan data dan analisisnya :

- menggunakan jaringan pembaca, implisit terhadap analisa hasil, dapat terjadi pada interpretasi yang salah. Dalam hal ini, terdapat resiko karena interpretasi ini yang dipengaruhi oleh perkiraan kemungkinan ciri kerja. Pakar ergonomik seperti orang lain dalam evaluasi, mungkin mempunyai perkiraan demikian selama penyajian metoda;
- pengetahuan dapat terjadi yang dapat mencegah kedaruratan masalah atau aspek generik terlihat selama evaluasi, dan tidak terpadu dalam penyajian metoda.
- Kesempurnaan metoda:

selama pelaksanaan, penting masih terbuka untuk pengaturan ulang dan memungkinkan aspek-aspek diselesaikan tanpa perangkat evaluasi yang diramalkan pada awalnya (misalnya uji memorisasi penandaan), untuk membentuk sarana jaminan cakupan medan yang lengkap.

**Pembagian kedalam topik :**

heterogenitas antara topik. Perbandingan satu topik tertentu yang ditunjukkan adalah spesifik, misalnya refleksi tepat dari definisi batas daerah tindakan operasional mereka, yang mereka tunjagn pada obyek khusus evaluasi (pengukuran, dialog dan aspek manusia-mesiri), dan yang lainnya (visual, penekanan, aspek kolektif) adalah transversal sejauh



mereka butuh pertimbangan pada masing-masing topik mereka (misalnya aspek kognitif dari pemakaian antar muka).

Perlu disadari kekurangan homogenitas ini, ketidaksesuaian utama adalah :

- tidak mampu menjamin suatu kesesuaian antar topik yang memungkinkan peningkatan basis dan menghindari kontradiksi;
- memberikan jawaban rekonstitusi obyektif akhir dari kesulitan kegiatan global; - kesulitan dalam pembuatan sintesa dari topik yang berbeda-beda :

Topik pendekatan memerlukan hasil evaluasi yang akhirnya direstrukturisasi dengan cara umum. Ini tidak selalu mudah, dan secara khusus adalah sulit untuk evaluasi situasi pada prototipe.

Tentu saja dalam hal ini sulit untuk merekonstruksi semua kegiatan karena perbedaan karakterisasi situasi teruji sangat banyak dan kemudian sulit mengendalikan rencana percobaan yang teliti.

Untuk memperkecil kedua masalah ini, penting untuk membuat kelompok kerja yang memberikan pilihan pada pendekatan masalah, misalnya sekelompok spesialis untuk masing-masing topik yang ada.

Kelompok kerja ini selanjutnya memberikan kesempatan membuat sintesa antara topik subyek khusus dan memberikan jawaban persoalan yang diwakili dengan pemaduan segi perbedaan dari kegiatan operasi teridentifikasi oleh subdivisi dengan kenyataan yang dibentuk dari topik ini.

Pertanyaan yang harus dijawab adalah mengetahui apakah metoda akan atau tidak akan memberikan pilihan dengan segera atas masalah-berdasarkan pendekatan, pengetahuan yang sulit untuk mendefinisikan masalah urutan utama. Lagi pula waktu evaluasi adalah juga dipertimbangkan sebagai faktor kemungkinan masalah.





















**BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN**  
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4  
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270  
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : [bsn@bsn.or.id](mailto:bsn@bsn.or.id)